

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky**

**Nástroj pro monitoring meteorologických dat s pokročilými
možnostmi sdílení dat**

**Meteorological data monitoring tool with advanced data
sharing capabilities**

2019/2020

Pavel Landecký

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Zadání bakalářské práce

Student: **Pavel Landecký**

Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2601R013 Telekomunikační technika

Téma: **Nástroj pro monitoring meteorologických dat s pokročilými možnostmi sdílení naměřených dat**
Meteorological Data Monitoring Tool with Advanced Data Sharing Capabilities

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce bude navrhnout a připravit nízko-nákladové řešení pro monitoring počasí s rozšířenou funkcionalitou o sdílení meteorologických dat mezi uživateli. Cílem bakalářské práce bude taktéž připravit návody jak na přípravu hardwaru, tak i pro programovou část. Bakalářská práce musí obsahovat zpracované následující body zadání:

1. Návrh a vývoj řešení na nízko-nákladové platformě Arduino včetně popisu možnosti této platformy.
2. Návrh řešení pro měření atmosférických dat jako je teplota, tlak, vlhkost a to jak uvnitř budov, tak i ve venkovních prostorech.
3. Záznam naměřených hodnot jako jsou teplota a tlak.
4. Přenos naměřených hodnot přes bezdrátovou síť Wi-Fi na vlastní server.
5. Prezentace těchto naměřených hodnot na vlastních internetových stránkách.
6. Zabezpečení a sdílení naměřených hodnot.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BANZI, Massimo a Michael SHILOH. Getting started with Arduino. Third edition. Sebastopol, CA: MakerMedia, [2015]. ISBN 978-1449363338.
- [2] MONK, Simon. Programming arduino: getting started with sketches. 2nd edition. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2016. ISBN 978-1259641633.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Kapičák**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2020



prof. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 25. dubna 2020


.....
podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Lukášovi Kapičákovi za věcné připomínky a odbornou pomoc při vytváření této práce.

Také bych rád poděkoval své manželce a rodičům za podporu nejen během studia, ale také v celém životě.

Abstrakt

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a vyvinout nízkonákladové řešení pro monitorování meteorologických dat a jejich následné ukládání na webový server, který data analyzuje a prezentuje.

Systém je navržen tak, aby umožnil měřit, zpracovávat a sdílet hodnoty atmosférické teploty, vlhkosti a tlaku vzduchu. Existují jistá komerční řešení umožňující propojit meteorologickou stanici, například s chytrým telefonem, ovšem většinou nenabízí možnost dalšího případného rozšíření, a pokud ano, tak s určitým omezením. Řešení, kterým se zabývá tato práce, je navrženo tak, aby jej bylo možné případně rozšiřovat a přizpůsobit požadavkům uživatele.

Klíčová slova

Arduino IDE; Jednodeskový počítač; měření meteorologických veličin; mikročip ESP 8266; webový server; WiFi

Abstract

The main aim of this bachelor thesis was to design and develop low cost solution for monitoring meteorological data and their further storage on a webserver that analyzes and presents this data.

The system is designed to measure, process and share values of atmospheric temperature, humidity and air pressure. There are certain commercial solutions allowing to connect a weather station with a smartphone for example, but it usually does not offer the possibility of further possible extension, and if so, only with some restriction. The solution is designed so that it can be possibly extended and adapted to user requirements.

Key words

Arduino IDE; single-board computer; measurement of meteorological data; microchip ESP 8266; webserver; WiFi

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
U	V	Napětí
I	A	Proud
T	S	Čas
F	Hz	Frekvence
P	W	Výkon
T	°C	Teplota

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Význam
ADC	Analog-digital converter
CCS	Cascading Style Sheets
CPU	Central Processing Unit
DTIM	Delivery Traffic Indication Map
GND	Ground
GPIO	General-Purpose Input/Output
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure
I2C	Inter-Integrated Circuit
IDE	Integrated Development Enviroment
LAMP	Sada svobodného softwaru pro implementaci webu (Linux, Apache, MySQL, PHP)
OTA	Over-the-Air programing
PPA	Personal Package Archive
RAM	Random Access Memory
ROM	Read Only Memory
RISC	Reduced Instruction Set Computer
RST	Reset
RTC	Real Time Clock
SDIO	Secure Digital Input Output
SPI	Serial Peripheral Interface
SRAM	Static Random Access Memory
SQL	Structured Query Language
SSL	Secure Sockets Layer
SSH	Secure Shell
USB	Universal Serial Bus

VCC	Voltage Common Collector
WiFi	Bezdrátová komunikace v počítačových sítích pracující v bezlicenčním frekvenčním pásmu

Obsah

Úvod.....	- 16 -
1 Open-source řešení.....	- 17 -
2 Jednodeskový počítač s WiFi modulem.....	- 18 -
2.1 Platforma WeMos D1 R2.....	- 18 -
2.2 Platforma WeMos D1 mini	- 20 -
2.3 Programování vývojových desek	- 21 -
2.3.1 Popis IDE	- 21 -
2.3.2 Nahrávání programu do vývojové desky.....	- 21 -
2.3.3 Programovací jazyk Wiring.....	- 22 -
3 Mikročip ESP8266	- 23 -
3.1 CPU	- 24 -
3.2 Paměť	- 24 -
3.3 Periferní rozhraní.....	- 24 -
3.3.1 Univerzální piny s přidaným rozhraním.....	- 24 -
3.3.2 Piny určené pro konkrétní účel.....	- 25 -
3.4 Bezdrátová síť WiFi	- 25 -
3.5 Řízení spotřeby.....	- 25 -
3.5.1 Režim Modem-sleep.....	- 26 -
3.5.2 Režim Lehký spánek	- 26 -
3.5.3 Režim hlubokého spánku	- 26 -
4 Senzory a příslušenství.....	- 28 -
4.1 Teploměr a vlhkoměr DHT22	- 28 -
4.2 Teploměr a vlhkoměr AM2320.....	- 28 -
4.3 Moduly BME280 a BMP280	- 29 -
4.4 Vodotěsná teplotní sonda DS18B20.....	- 30 -
4.5 Solární článek STAR SOLAR CNC110x136-6	- 30 -
4.6 Modul nabíječky akumulátorů.....	- 31 -
4.7 Li-Ion akumulátor GEB18650P 3.7 V 2500mAh.....	- 31 -
4.8 Převodník logických úrovní	- 32 -

5	Meteostanice	- 33 -
5.1	Meteostanice se solárním článkem	- 34 -
5.1.1	Řídící jednotka	- 34 -
5.1.2	Senzory	- 34 -
5.1.3	Napájecí část zařízení	- 34 -
5.2	Meteostanice vyžadující externí zdroj napětí	- 36 -
5.2.1	Řídící jednotka	- 37 -
5.2.2	Senzory	- 37 -
5.3	Nahrání programu do mikročipu	- 37 -
5.4	Popis jednotlivých souborů se zdrojovými kódy	- 40 -
5.4.1	f_bme280.ino	- 40 -
5.4.2	f_dht22.ino	- 40 -
5.4.3	f_ds18b20.ino	- 40 -
5.4.4	f_mereni_napeti.ino	- 41 -
5.4.5	f_network_connect.ino	- 41 -
5.4.6	f_send_data.ino	- 41 -
5.4.7	meteostanice.ino	- 41 -
5.4.8	meteostanice_solar.ino	- 41 -
6	Webový server	- 42 -
6.1	Databáze naměřených dat	- 42 -
6.2	Popis jednotlivých skriptů	- 43 -
6.2.1	add.php	- 43 -
6.2.2	create_DB_tables.txt	- 44 -
6.2.3	DB_connect.php	- 44 -
6.2.4	domu.php	- 44 -
6.2.5	grafy.php	- 44 -
6.2.6	index.php	- 44 -
6.2.7	kontakt.php	- 44 -
6.2.8	nasdilene.php	- 44 -
6.2.9	read_value.php	- 44 -
6.2.10	read_values.php	- 44 -

6.2.11	registrace.php	45 -
6.2.12	reg_zar.php	45 -
6.2.13	sdileni.php	45 -
6.2.14	styl.css	45 -
6.2.15	Wrapper.php	45 -
6.2.16	zed.php	45 -
6.3	Uživatelské rozhraní a sdílení dat mezi uživateli	45 -
6.4	Zabezpečení webových stránek a uživatelských dat	47 -
6.4.1	Antispam a hashování hesel	47 -
6.4.2	Protokol HTTPS	47 -
6.4.3	SQL Injection	47 -
6.4.4	Spoofing dat	48 -
Závěr		49 -
Použitá literatura		51 -
Seznam příloh.....		52 -

Seznam obrázků

Obrázek 1.1:	Vývojová deska Wemos D1 R2	- 18 -
Obrázek 1.2:	Rozložení pinů vývojové desky WeMos D1 R2	- 19 -
Obrázek 1.3:	Vývojová deska Wemos D1 mini	- 20 -
Obrázek 1.4:	Vývojová deska Wemos D1 mini se znázorněnými piny	- 20 -
Obrázek 1.5:	Vývojové prostředí Arduino IDE	- 22 -
Obrázek 1.6:	Samostatný modul ESP-01 s mikročipem ESP8266 bez pouzdra	- 23 -
Obrázek 1.7:	Teploměr a vlhkoměr DHT22	- 28 -
Obrázek 1.8:	Teploměr a vlhkoměr AM2320	- 29 -
Obrázek 1.9:	Modul BME280	- 29 -
Obrázek 1.11:	Modul nabíječky baterií	- 31 -
Obrázek 1.12:	Li-Ion akumulátor GEB18650P	- 31 -
Obrázek 1.13:	Čtyř-kanálový převodník logických úrovní	- 32 -
Obrázek 1.14:	Logické propojení jednotlivých segmentů	- 33 -
Obrázek 1.15:	Schéma zapojení meteostanice	- 36 -
Obrázek 1.16:	Schéma zapojení meteostanice	- 37 -
Obrázek 1.17:	Konfigurace IDE: vložení odkazu pro podporu ESP8266	- 38 -
Obrázek 1.18:	Konfigurace IDE: Instalace desek s ESP8266	- 39 -
Obrázek 1.19:	Konfigurace IDE: Výběr konkrétní desky	- 40 -
Obrázek 1.20:	Grafické znázornění logického propojení jednotlivých skriptů	- 43 -
Obrázek 1.21:	Ukázka prezentace naměřených dat	- 46 -

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1.1:</i>	<i>Přehled parametrů mikročipu ESP8266</i>	<i>- 23 -</i>
<i>Tabulka 1.2:</i>	<i>Specifikace WiFi u mikročipu ESP8266 dle dokumentace.....</i>	<i>- 25 -</i>
<i>Tabulka 1.3:</i>	<i>Přehled jednotlivých režimů.....</i>	<i>- 26 -</i>
<i>Tabulka 1.4:</i>	<i>Parametry modulu DHT11 a DHT22.....</i>	<i>- 28 -</i>
<i>Tabulka 1.5:</i>	<i>Parametry modulu AM2320.....</i>	<i>- 28 -</i>
<i>Tabulka 1.6:</i>	<i>Parametry modulu BME280.....</i>	<i>- 29 -</i>
<i>Tabulka 1.7:</i>	<i>Parametry sondy DS18B20.....</i>	<i>- 30 -</i>
<i>Tabulka 1.8:</i>	<i>Parametry Li-Ion akumulátoru GEB18650P</i>	<i>- 31 -</i>
<i>Tabulka 1.9:</i>	<i>Tabulka naměřených hodnot meteostanice se solárním panelem</i>	<i>- 35 -</i>

Úvod

Oblast informačních, komunikačních a výpočetních technologií zažívá poslední dobou prudký rozvoj napříč mnoha obory. Nachází se například v průmyslu, zdravotnictví, administrativě, zkrátka všude, kde se sbírají, analyzují a zpracovávají data. S daty pracuje také meteorologie, která sbírá data týkající se počasí v určitém intervalu, porovnává je a následně vyhodnocuje. Na základě těchto vyhodnocených dat se poté vytváří předpověď počasí.

Všichni sledujeme předpovědi počasí a zajímá nás, jak bude dnes, zítra, o víkendu, jestli bude teplo nebo mráz. Hledáme tyto cenné informace, díky nimž se rozhodujeme, jak se máme obléct, zda nás na horské túře zastihne bouřka apod. Nejčastěji se sledují, měří a analyzují tyto základní meteorologické veličiny: teplota a vlhkost vzduchu, atmosférický tlak, srážkový úhrn, rychlost a směr větru. Pro většinu pozorovatelů je zajímavá právě teplota vzduchu a atmosférický tlak. Na základě teploty vzduchu se pozorovatel rozhodne, jaké má zvolit oblečení, aby mu nebyla zima nebo naopak teplo, a díky atmosférickému tlaku může určit, zda bude jasné počasí nebo déšť. Lidé si také do svých domácností pořizují domácí meteorologickou stanici se základními funkcemi, sledují výpočty z různých matematických modelů, např. tuzemský model Aladin [1]. V dnešní době máme k dispozici i radarová data, pomocí kterých pozorovatel dokáže zhruba odhadnout, zda bude pršet, či nikoli.

Pro uživatele by mohlo být dále prospěšné, kdyby měli kromě aktuálních radarových dat, také reálná data od dalších pozorovatelů, kteří se nacházejí v širším okolí. Pojďme si uvést příklad: Cyklista se rozhoduje, jakou trasu má zvolit, a tak sleduje radarová data znázorňující průchod srážek. Dle radarových dat s velkou pravděpodobností prší ve městě vzdáleném 15 kilometrů od pozice tohoto cyklisty. Radarová data naznačují, že by mohlo v dané lokalitě pršet, ovšem pozorovatel nemá jistotu, zda ve městě skutečně prší, a pokud ano, tak neví dosavadní úhrn srážek, a zda srážky doprovází silný vítr, nebo o kolik se snížila teplota vzduchu během srážek. V daném městě ale bydlí uživatel, který svá naměřená data sdílí, a tím může v danou chvíli cyklistovi poskytnout cenné informace. Cílem této bakalářské práce je navrhnout řešení systému, který umožní uživatelům měřit základní meteorologické veličiny, jako je atmosférická teplota, vlhkost a tlak vzduchu, tato naměřená data ukládat na webový server, prezentovat a sdílet je pomocí webových stránek. Měření úhrnu srážek a rychlosti větru není v zadání této práce, ale systém má být navržen tak, aby bylo možné tuto funkcionalitu přidat.

1 Open-source řešení

Komerční sféra nabízí poměrně mnoho produktů, které si můžeme zakoupit a za pomoci nich měřit meteorologické údaje. Poloprofesionální a profesionální elektronické meteorologické stanice (dále jen meteostanice) dokonce umožňují naměřená data dále sdílet. U těchto komerčních meteostanic jsme ovšem limitováni například počtem teplotních čidel, které mají praktický dosah v řádu desítek metrů. Pokud by uživatel měl potřebu měřit teplotu z více míst, bude nucen si teplotní čidla dokoupit. Může rovněž nastat situace, že zakoupená meteostanice přestane fungovat a teplotní čidla určená ke konkrétní meteostanici přijdou vniveč.

Na trhu lze najít několik řešení chytrého monitoringu klimatu, nejznámějším je asi WeatherHub [2]. Smyslem tohoto konkrétního řešení je měření meteorologických veličin z více čidel rozmístěných po domácnosti a zahradě, jejich odesílání do centrálního uzlu, tzv. brány, která je připojena přes přístupový bod k internetu. Naměřená data se tak ukládají na cloud a lze je sledovat na zařízení Android nebo iOS prakticky odkudkoli. Výhodou je jednoduché nastavení a také nemalé množství čidel, které lze dokoupit. Nevýhodou je ovšem cena. Pokud bychom si chtěli pořídit základ, který obsahuje bránu a bezdrátové teplotní čidlo, zaplatíme něco málo přes 1500 Kč.

Naproti tomu hlavní výhodou tzv. open-source řešení je nejen nízká cena, ale také to, že si můžeme postavit zařízení pro měření meteorologických údajů podle svých představ. Na trhu je k dispozici široký výběr hardwaru, tzv. vývojových desek neboli jednodeskových počítačů, které lze naprogramovat tak, aby přijímaly data ze senzorů.

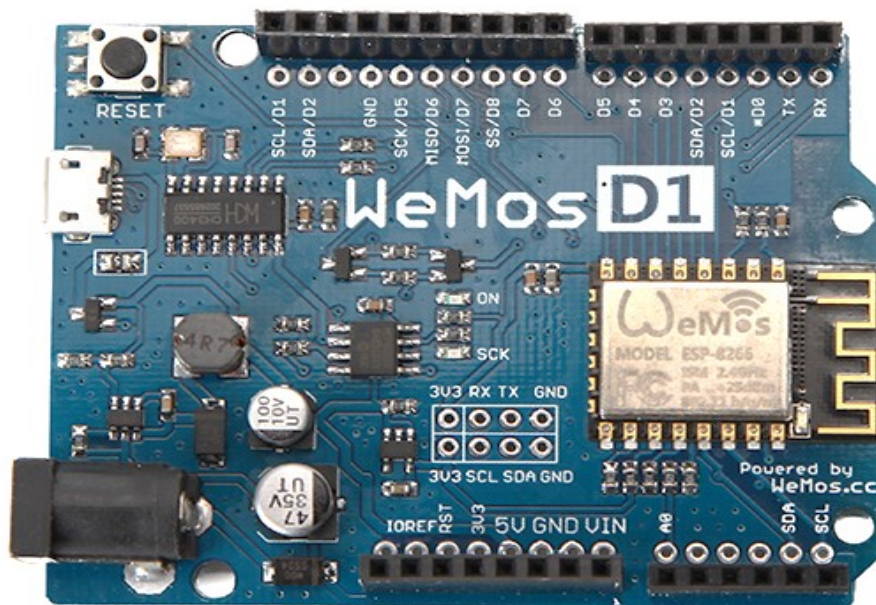
2 Jednodeskový počítač s WiFi modulem

V této kapitole můžete nalézt informace o základních platformách jednodeskových počítačů, které jsou vhodné pro použití open-source řešení. Představené platformy mají společné jádro, kterým je čip ESP8266, liší se ovšem velikostí, I/O rozhraním a dalšími vlastnostmi, které jsou dále popsány.

Jednodeskové počítače zažívají v poslední době veliký rozvoj. Jedná se skutečně o počítače, u kterého jsou veškeré potřebné komponenty na jedné desce. Mezi nejznámější jednodeskové počítače patří např.: Arduino, Raspberry Pi (a jeho čínské klony Orange Pi, Banana Pi apod.). Podle využití volíme vhodnou platformu, pro jednoduché projekty, ve kterých ovládáme LED, krokové motory, LCD displeje, měříme různé veličiny (teplota, vlhkost, tlak, intenzitu světla) je vhodná platforma Arduino. Pokud potřebujeme posílat naměřená data a ovládat komponenty přes webové rozhraní, nabízí se použít libovolnou desku s mikročipem ESP8266. Raspberry Pi lze v podstatě využít jako plnohodnotný osobní počítač, je vhodný například jako hardware pro domácí IoT server nebo multimediální centrum. Nespornou výhodou těchto jednodeskových počítačů je nízká cena, malé rozměry, univerzálnost, dostupnost, rozšiřitelnost a nízká spotřeba elektrické energie.

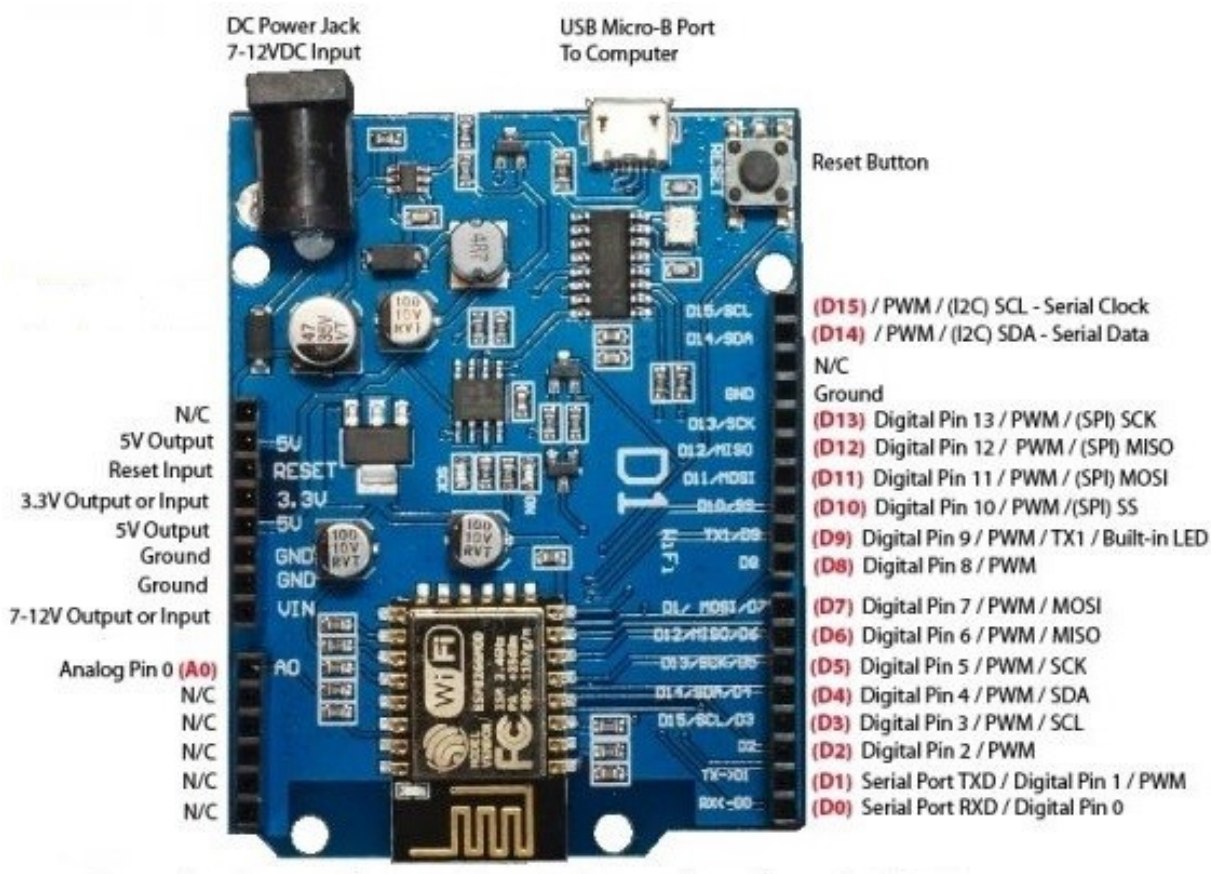
2.1 Platforma WeMos D1 R2

Jádrem této vývojové desky je mikročip ESP8266. Zbytek desky obsahuje GPIO, tlačítko reset a napájecí část, kterou reprezentuje spínaný regulátor vstupního napětí.



Obrázek 1.1: Vývojová deska Wemos D1 R2

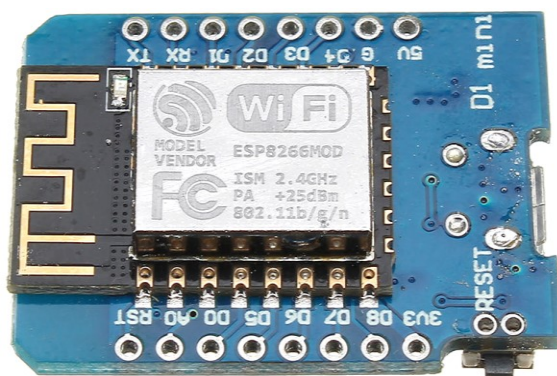
Tato deska je velmi podobná, známé platformě Arduino Uno, hlavně co se rozložení pinů a vzhledu týče. Zmíněné Arduino ovšem neobsahuje WiFi modul, proto by bylo potřebné přidat k Arduino rozšiřující modul pro bezdrátové internetové připojení, který by s největší pravděpodobností stejně obsahoval čip ESP8266. Proto je výhodnější z hlediska finančních nákladů a spotřeby zvolit právě desku WeMos D1 R2. Desku je možné napájet napětím v rozsahu od $U = 3,3 \text{ V}$ až $U = 24 \text{ V}$ díky spínanému regulátoru vstupního napětí, který napětí převede na $U = 5 \text{ V}$ a $I = 1 \text{ A}$.



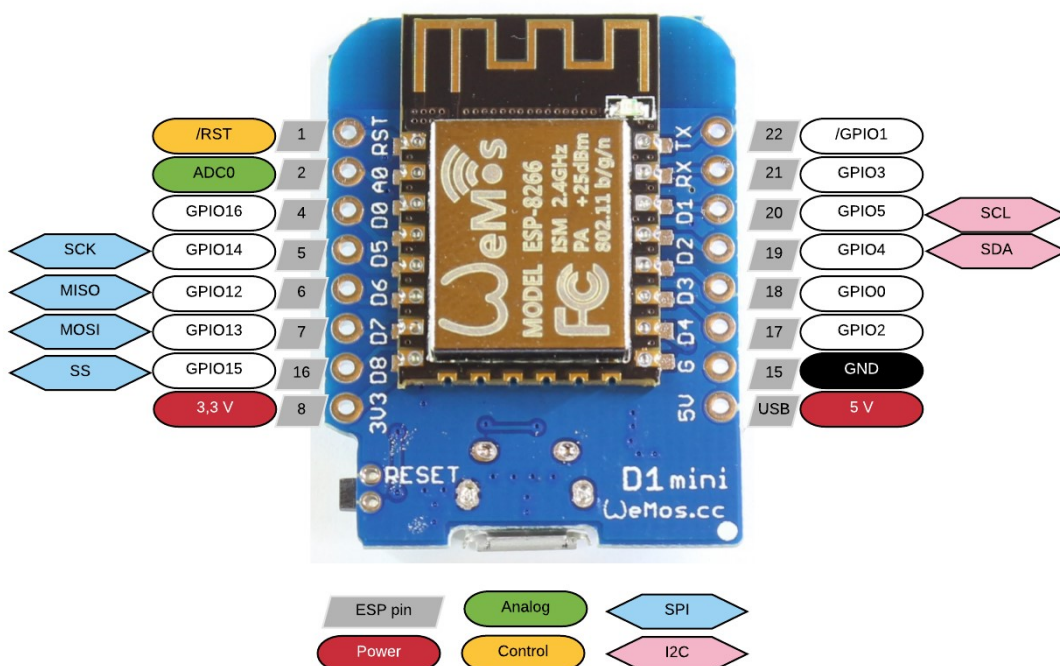
Obrázek 1.2: Rozložení pinů vývojové desky WeMos D1 R2

2.2 Platforma WeMos D1 mini

Tuto platformu využívám především z důvodu malé pořizovací ceny a menších rozměrů. Obsahuje sice menší počet I/O pinů, ale pro účel mé práce je tato platforma plně dostačující. Tato deska na rozdíl od Wemos D1 R2 neobsahuje regulátor vstupního napětí, proto si musíme dát pozor a desku napájet vstupním napětím v rozsahu $U = 3,3 \text{ V}$ až $U = 5 \text{ V}$. Zato tlačítko RESET tato deska obsahuje, byť ve zmenšené podobě.



Obrázek 1.3: Vývojová deska Wemos D1 mini



Obrázek 1.4: Vývojová deska Wemos D1 mini se znázorněnými piny [4]

2.3 Programování vývojových desek

Pro psaní zdrojového kódu a jeho nahrání do desky jsem využil velmi rozšířené open-source vývojové prostředí Arduino IDE, které lze použít nejen pro programování desek Arduino, ale také právě pro programování vývojových desek založených na mikročipu ESP8266. Pro správnou funkci je ovšem nutné provést konfiguraci, která je popsána v praktické části. Toto vývojové prostředí umožňuje pohodlné psaní kódu s barevným zvýrazňováním a automatickým formátováním, včetně kompilace, ladění a nahrání do vývojové desky.

2.3.1 Popis IDE

Vývojové prostředí Arduino IDE obsahuje textový editor, ve kterém se píše zdrojový kód do tzv. sketche s příponou ".ino". Důležité jsou tyto funkce:

- **Verify** – kompilace programu, upozorní na případné syntaktické chyby.
- **Upload** – sestavení kódu a jeho nahrání na vývojovou desku.

Dále je zde okno pro výpis zpráv a základních konfigurací, jako je typ vývojové desky, nastavený sériový port, rychlost nahrávání kódu a další. V nabídce nalezneme sadu užitečných nástrojů, například:

- **Serial monitor** – otevře výpis ze sériové linky.
- **Automatické formátování** – tento nástroj formátuje zdrojový kód tak, aby byl přehlednější.
- **Archivace projektu** – archivuje kopii aktuálního zdrojového kódu do formátu zip.
- **Programátor** – výběr programátora hardwaru v případě, že se nepoužívá USB rozhraní.
- **Procesor** – výběr typu a instrukční sady.
- **Port** – výběr portu, ke kterému je vývojová deska připojena.
- **Vývojová deska** – volba konkrétního typu desky, kterou chceme naprogramovat.

Zvláště musí být dobře nastavena volba vývojové desky a portu, v opačném případě vzniknou chyby i s vysvětlením v dolní části vývojového prostředí.

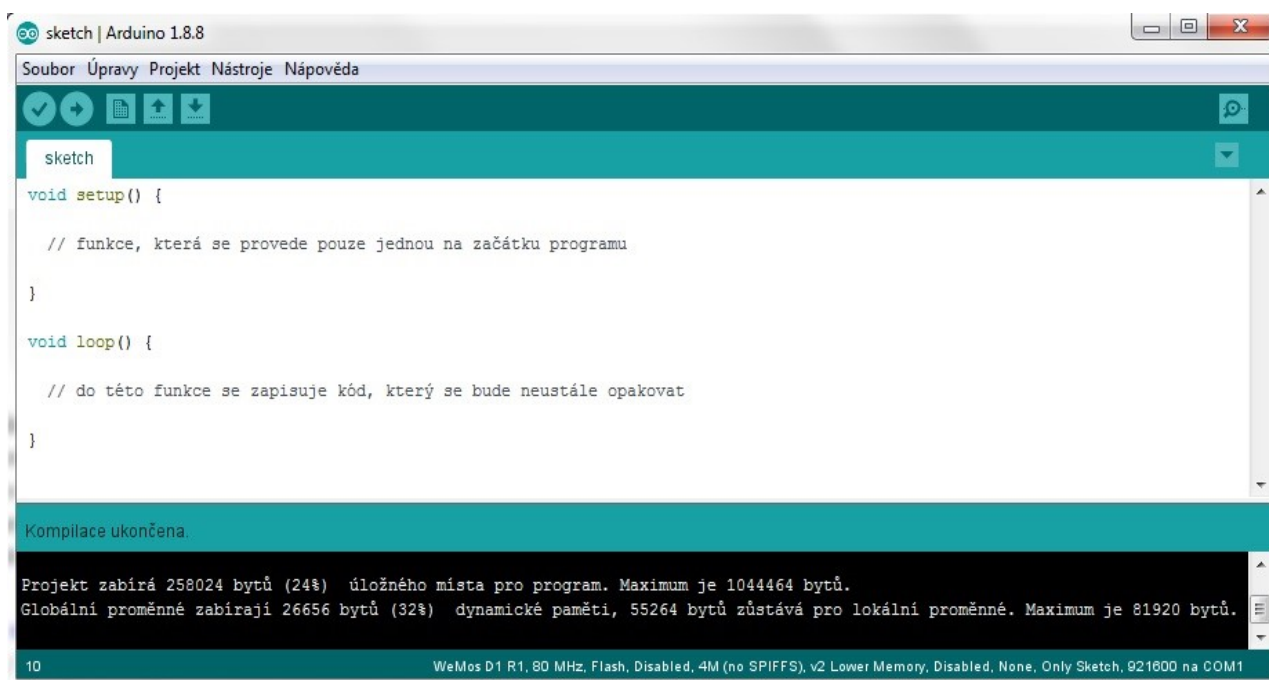
2.3.2 Nahrávání programu do vývojové desky

Před samotným nahráváním programu na desku je nutné správně nastavit desku a sériový port. V operačním systému Windows se pravděpodobně setkáme s označením COM1, COM2 apod. V Linuxu nalezneme označení `/dev/ttyUSB0`.

Během nahrávání programu do paměti mikročipu se mikročip resetuje (na pin RESET se pošle puls) a po novém zapnutí se spustí bootloader, který na sériovém portu poslouchá, zda se nenahrává program do mikročipu. Pokud ano, přijímá instrukce a ukládá program do paměti. Po zapsání programu se mikročip opět restartuje a spustí se nahraný program. Kvůli využití funkce hlubokého spánku musí být propojeny piny RESET a D0, a tak puls, který těsně před nahráváním mikročip resetuje, pošle puls také na pin D0 a nahrávání skončí s chybou. Proto je nutné piny před nahráváním programu rozpojit a po nahrání je zpět propojit.

2.3.3 Programovací jazyk Wiring

Vývojové desky založené na ESP8266 lze programovat v různých programovacích jazycích. Jelikož jsem před objevením ESP8266 používal platformu Arduino, rozhodl jsem se, využít Arduino IDE, který využívá framework jazyka C++, Wiring. Pro Wiring jsou na první pohled typické 2 funkce, vizte Obrázek 1.5, kde je funkce `setup()` určená pro počáteční konfiguraci a poté se ve smyčce provádí kód, který je obsažen ve funkci `loop()`. Obě funkce jsou povinné a musí být obsaženy v každém sketchi. Kromě těchto dvou funkcí je možné definovat další vlastní funkce. Další užitečné informace lze dohledat v literatuře [9].



Obrázek 1.5: Vývojové prostředí Arduino IDE

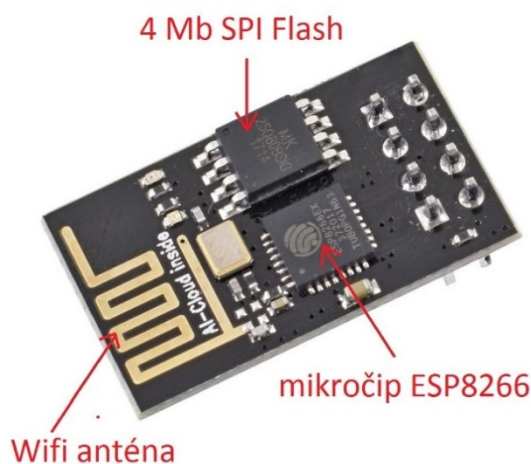
3 Mikročip ESP8266

Použité vývojové desky WeMos D1 mini a WeMos D1 R2 obsahují mikročip ESP8266, jehož hlavní předností je nízká spotřeba elektrické energie. Tento mikročip lze zakoupit v několika provedeních a mezi jeho další vlastnosti jsou:

- Procesor Xtensa LX106, 32bit RISC 80MHz.
- 4M vnitřní paměti (SPI Flash File Systém).
- Bezdrátové připojení WiFi standart 802.11 b/g/n.
- Použití protokolu TCP/IP.
- Podpora OTA (Over The Air) - upload nového sketche do paměti modulu.
- Možnost připojení externí antény.
- 3 režimy spánku pro snížení spotřeby elektrické energie
- Nízká cena.

Tabulka 1.1: *Přehled parametrů mikročipu ESP8266*

Procesor, frekvence procesoru	Tensilica L106 32bit, 80-160 MHz
Paměť RAM	32 kB (instrukční) + 80 kB (uživatelská)
Velikost paměti FLASH	standartně 4 MB (podporováno 16 MB)
Pracovní napětí	2,5 ~ 3,6 V
Proudový odběr	10 μ A ~ 170 mA
Počet vstupně/výstupních pinů	17
Počet analogových vstupních pinů	1 vstup s rozlišením 10 bitů (1024 hodnot)
Standarty IEEE 802.11	b/g/n
Teplotní rozsah zařízení	-40 °C ~ 125 °C



Obrázek 1.6: *Samostatný modul ESP-01 s mikročipem ESP8266 bez pouzdra*

3.1 CPU

Centrální procesorová jednotka je základní součást každého počítače, která vykonává strojové instrukce. Z posloupnosti těchto instrukcí je dále vytvořen počítačový program, který popisuje realizaci konkrétní úlohy. Mikročip je postaven na 32bitovém RISC procesoru Tensilica L106, jehož standardní frekvence je 80 MHz, ale je možné jej přetaktovat na 160 MHz. WiFi část spotřebuje přibližně 20 % výkonu.

3.2 Paměť

Mikročip obsahuje paměti typu SRAM a ROM, která má vyhrazené 80 kB pro uživatelská data a 32 kB pro instrukce procesoru. Dále je k dispozici externí SPI flash paměť pro ukládání uživatelských programů. Tato paměť má většinou velikost 4 MB, ale je možné ji rozšířit. Pro správnou funkci mikročipu je požadována minimální paměť 512 kB, maximální podporovaná velikost paměti je pak 16 MB.

3.3 Periferní rozhraní

I/O rozhraní je reprezentované digitálními vstupně/výstupními piny. Na konkrétním pinu lze vysílat nebo přijímat pouze binární hodnoty a to logickou 0, kterou reprezentuje napětí o hodnotě 0 voltů anebo logickou 1, která je reprezentována v případě ESP8266 napětím o hodnotě 3,3 voltů. V případě propojení této desky s dalším rozšiřujícím modulem, který pracuje s hodnotou napětí 5 voltů, mohlo by dojít k nenávratnému poškození desky.

Deska dále obsahuje jeden analogový vstup, který slouží pouze ke čtení analogové hodnoty, například teploty nebo hodnoty napětí. Maximální vstupní napětí analogového pinu je opět 3,3 V. Proto je nutné použít převodník logických úrovní, v případě že potřebujeme pracovat s logickou úrovní o napětí $U = 5$ V. Převodník zaručí, že se deska nezničí.

Pro uživatelské programování je k dispozici standardně 17 pinů, které se označují anglickou zkratkou GPIO (General Purpose Input/Output Interface). Dalších 6 pinů je použito pro připojení externí paměti pomocí SDIO (Secure Digital Input/Output Interface). Další informace ohledně periferního rozhraní a vlastností jednotlivých pinů popisuje dokumentace [10]. Jednotlivé piny GPIO lze podle vlastností rozdělit do 2 podskupin:

- **Univerzální piny s přidaným rozhraním.**
- **Piny určené pro konkrétní účel.**

3.3.1 Univerzální piny s přidaným rozhraním

Tyto piny umožňují uživateli k mikročipu připojit další obvody a periferie, například senzory, zobrazovací displeje, relé, motory apod. Uživatel určí, zda konkrétní pin, který potřebuje využít, bude výstupem (LED, displej, relé) nebo vstupem (tlačítko, senzor teploty).

Navíc jsou některé piny rozšířené o další rozhraní: UART umožňující sériový přenos, SPI (sériové periferní rozhraní), I2C (sériová sběrnice), ADC (analogově digitální převodník) a PWM

(pulzně šířková modulace) a také funkce: RESET a WAKE pro probuzení mikročipu z režimu spánku.

3.3.2 Piny určené pro konkrétní účel

Do této skupiny patří piny, které mají danou roli a nelze ji změnit. Jedná se o takové piny, které mikročip napájí a které dané napájení zprostředkují dalším připojeným periferiím. Patří zde také pin s funkcí RESET a pin pro připojení externí antény.

3.4 Bezdrátová síť WiFi

Mikročip ESP8266 implementuje standart 802.11 b/g/n na frekvenčním pásmu 2,4 GHz a nabízí 3 možnosti využití zařízení: režim stanice, režim přístupového bodu a kombinace obou režimů. V „režimu stanice“ se mikročip připojí k bezdrátové síti WiFi, neboli k přístupovému bodu, a vystupuje jako klasické zařízení. V „režimu přístupového bodu“ umožňuje připojení dalších zařízení k mikročipu, například pro bezdrátovou komunikaci s dalším mikročipem.

K samotnému mikročipu je zapotřebí připojit anténu, proto mnohé vývojové desky založené na tomto mikročipu tuto anténu integrují nebo dokonce umožňují připojení externí antény.

Tabulka 1.2: *Specifikace WiFi u mikročipu ESP8266 dle dokumentace*

WiFi režim	Stanice / AP / Stanice + AP
Zabezpečení	WPA/WPA2
Šifrování	WEP/TKIP/AES
Síťové protokoly	IPv4, TCP/UDP/HTTP
Maximální počet TCP připojení	5

3.5 Řízení spotřeby

Dalším důležitým atributem je spotřeba elektrické energie. Během realizace jakéhokoliv projektu, který vyžaduje napájení z akumulátoru, je nutné se zajímat, jak dlouhý bude provoz mikročipu na tento akumulátor. Při plném výkonu se odběr proudu mikročipu podle dokumentace [10] může blížit k 170 mA, v režimu hlubokého spánku pouze 10 μ A. Záleží tedy, v jaké aplikaci mikročip využijeme. Jednotlivé piny umožňují odebírat proud o hodnotě 60-62 mA a dodávat proud o velikosti až 215 mA.

Jak jsem již naznačil, mikročip ESP8266 obsahuje různé napájecí režimy, které umožňují výrazně snížit spotřebu elektrické energie. Tyto napájecí režimy mají obrovský význam v případě, kdy musíme mikročip napájet z akumulátoru. K dispozici máme tyto režimy:

- **Aktivní režim** – procesor a všechny periferie, včetně rádiové komunikace, jsou aktivní, spotřeba je nejvyšší.
- **Režim spánku modemu** – stejné jako Aktivní režim, ovšem rádiová komunikace je vypnutá.

- **Lehký spánek** – procesor a všechny periferie jsou pozastaveny, dle dokumentace [10] je čip možné probudit hodinovým signálem, přerušením nebo pomocí řídicího rámce Beacon Frame.
- **Hluboký spánek** – procesor a všechny periferie jsou vypnuty a aktivní jsou pouze hodiny reálného času, spotřeba tohoto režimu je nejnižší možná.

Tabulka 1.3: *Přehled jednotlivých režimů*

Prvek čipu	Modem-sleep	Light-sleep	Deep-sleep
RTC	ZAPNUTO	ZAPNUTO	ZAPNUTO
CPU	ON	"POZASTAVEN"	OFF
WiFi	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO
Systémový čas	ZAPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO
Odebíraný proud	15 mA	0, mA	přibližně 20 μ A

3.5.1 Režim Modem-sleep

Režim je povolen pouze tehdy, když je čip připojen k přístupovému bodu. K vypínání WiFi dochází mezi dvěma intervaly DTIM (Delivery Traffic Indication Message). Tato zpráva je posílána směrovačem v daném intervalu, obvykle trvající 100 milisekund až 1 sekundu. Nastavený interval ovlivňuje dobu úspory a vypnutí WiFi. Čip je probuzen automaticky, jakmile je přijata další DTIM.

Tento režim je vhodný v těch aplikacích, které pro svoji funkci potřebují řízení procesorem neustále. Není proto vhodný pro mé řešení, kde je řízení procesu potřebné pouze při měření veličin a jejich odeslání na server.

3.5.2 Režim Lehký spánek

Režimy Lehkého spánku a Modem-sleep pracují na první pohled stejně, rozdíl je ovšem v tom, že během režimu Lehkého spánku čip vypíná kromě WiFi modulu také systémový čas. Integrovaný procesor není vypnut úplně, ale je jen pozastaven.

Tím, že je během tohoto režimu procesor pozastaven, má nižší příkon než u režimu Modem-sleep a nebude reagovat na signály a přerušení z periferního hardwarového rozhraní. Z tohoto důvodu je nutné čip "probudit" přes externí vstupně-výstupní piny.

3.5.3 Režim hlubokého spánku

Jediným aktivním prvkem v tomto režimu jsou hodiny reálného času (RTC), díky kterým čip rozpozná čas, kdy se má "probudit". Všechny ostatní prvky jsou deaktivovány, včetně procesoru a WiFi modulu, tudíž je výrazně snížena spotřeba elektrické energie. Maximální doba "hlubokého spánku" je dle dokumentace [10] $T = 4\,294\,967\,295\,\mu\text{s}$, což je přibližně 71 minut.

Na rozdíl od ostatních dvou režimů se systém nemůže automaticky přepnout do režimu Hlubokého spánku. Pro přepnutí je nutné zavolat funkci *system_deep_sleep* a na desce WeMos D1 R2 propojit piny RST a D0.

4 Senzory a příslušenství

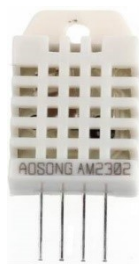
Senzory slouží jako vstupní periférie, které převádějí fyzikální veličinu (například teplotu) na elektrický signál, buď analogový nebo digitální, se kterým je schopen mikropočítač pracovat. Na trhu je velké množství různých senzorů, proto jsem se snažil vybrat ten s větší přesností měření, ale zároveň jsem se chtěl záměrně vyhnout senzorům z vyšší cenové kategorie.

4.1 Teploměr a vlhkoměr DHT22

Tento modul je spolu s modulem DHT11 asi nejznámější modul pro měření teploty a vlhkosti. Pro svoji práci jsem si vybral DHT22, který je citlivější a má větší měřicí rozsah, viz tabulka 1.4.

Tabulka 1.4: *Parametry modulu DHT11 a DHT22*

	Měřená veličina	Rozsah měření	Rozlišení	Přesnost	Jednotka
DHT11	Teplota	0 - +50	1	±1	°C
	Vlhkost	20-90	1	±4	%
DHT22	Teplota	-40 - +80	0,1	±0,5	°C
	Vlhkost	0-100	0,1	±2	%



Obrázek 1.7: *Teploměr a vlhkoměr DHT22*

4.2 Teploměr a vlhkoměr AM2320

AM2320 je vzhledově a také, co se vlastností týče, velmi podobný DHT22, ovšem AM2320 pracuje na sběrnici I2C a pro napájení lze použít širší rozsah napětí od 3,1 V až do 5,5 V.

Tabulka 1.5: *Parametry modulu AM2320*

Měřená veličina	Rozsah měření	Rozlišení	Přesnost	Jednotka
Teplota	-40 - +80	0,1	±0,5	°C
Vlhkost	0-99,9	0,1	±2	%

Obrázek 1.8: *Teploměr a vlhkoměr AM2320*

4.3 Moduly BME280 a BMP280

Moduly BME280 a BMP280 jsou si velmi podobné, liší se tím, že první uvedený měří 3 veličiny: teplotu, vlhkost a tlak, zatímco druhý pouze teplotu a tlak. Také rozlišení a přesnost měření se u tlaku liší. Komunikace u obou modulů je realizována pomocí I2C rozhraní. Tento modul není vhodný pro měření teploty a vlhkosti na přímém dešti. S největší pravděpodobností by došlo ke zkratu a k nenávratnému zničení jak tohoto modulu, tak také ostatních komponentů. Modul lze napájet stejnosměrným napětím $U = 1,8 \text{ V}$ až $U = 5 \text{ V}$.

Tabulka 1.6: *Parametry modulu BME280 (v závorce rozdílné parametry modulu BMP280)*

Měřená veličina	Rozsah měření	Rozlišení	Přesnost	Jednotka
Teplota	-40 - +85	0,01	± 1	$^{\circ}\text{C}$
Vlhkost	0-100	0,008	± 3	%
Tlak	30000-110000	0,18 (0,16)	± 1 (± 100)	Pa

Obrázek 1.9: *Modul BME280*

4.4 Vodotěsná teplotní sonda DS18B20

Vodotěsná teplotní sonda DS18B20 je díky nerezovému ocelovému zapouzdření určena nejen pro měření atmosférické teploty na přímém dešti, ale lze ji také použít pro měření teploty vody. Je vhodné mezi napájecím a datovým pinem zapojit tzv. pull-up rezistor, protože naměřená data se přenášejí přes sběrnici OneWire, tudíž je také možné zapojit více teplotních čidel a přenášet je do mikročipu ESP8266 jedním vodičem. K této sondě si můžeme pořídit adaptér pro pohodlnější zapojení do ESP8266, obsahující pull-up rezistor. Rozsah napájecího napětí je $U = 3\text{ V}$ až $U = 5,5\text{ V}$. Délka sondy je 1 metr a zapojení jednotlivých vodičů se provede: červená do napájecího pinu (VCC), žlutá do pinu pro čtení dat a černá do pinu GND. Výhodou této sondy je také možnost zapojení více takových sond na 1 pin.

Tabulka 1.7: *Parametry sondy DS18B20*

Měřená veličina	Rozsah měření	Rozlišení	Přesnost	Jednotka
Teplota	-55 - +125	0,01	$\pm 0,5$	$^{\circ}\text{C}$



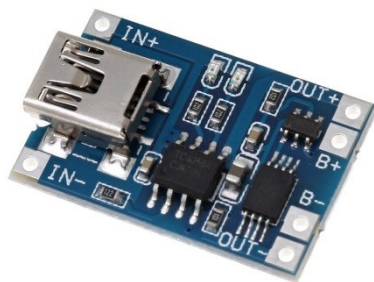
Obrázek 1.10: *Vodotěsná teplotní sonda DS18B20*

4.5 Solární článek STAR SOLAR CNC110x136-6

Polykrystalický solární článek o rozměrech 136 x 110 x 3 mm slouží k napájení zařízení, resp. k dobíjení akumulátoru přes regulační obvod pro lineární nabíjení. Výrobce udává hodnoty výstupního napětí článku $U = 6\text{ V}$ při plném slunečním svitu a teoretický výkon by měl dosáhnout $P = 2\text{ W}$.

4.6 Modul nabíječky akumulátorů

Tento modul se stará o lineární nabíjení lithium-polymerových akumulátorů. Rozsah vstupního napětí je $U = 4,5$ až $U = 5,5$ V. V tomto rozsahu modul nabíjí akumulátor (nabíjení indikuje červená LED) a jakmile je plně nabitý (indikuje zelená LED), modul nabíjení automaticky přeruší. Modul také chrání akumulátor proti přepětí a nadproudu. Pracovní teplota modulu je pohybuje v rozmezí od -10 °C do $+85$ °C.



Obrázek 1.11: Modul nabíječky baterií

4.7 Li-Ion akumulátor GEB18650P 3.7 V 2500mAh

Univerzální dobíjecí článek, který je vhodný pro nabíjení z výše popsaného modulu.

Tabulka 1.8: Parametry Li-Ion akumulátoru GEB18650P

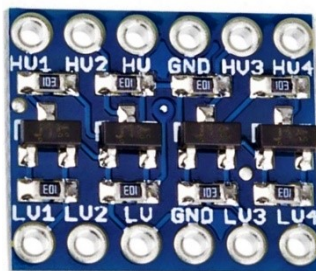
Kapacita	2500 mAh
Jmenovité napětí	3,7 V
Nabíjecí napětí	4,2 V
Počet nabíjecích cyklů	> 500
Provozní teplota	-10 až 60 °C



Obrázek 1.12: Li-Ion akumulátor GEB18650P

4.8 Převodník logických úrovní

Tento čtyř-kanálový obousměrný převodník logických úrovní slouží pro "převod" logické úrovně s hodnotou napětí $U = 5\text{ V}$ na $U = 3,3\text{ V}$ a opačně. Signál s napětím $U = 5\text{ V}$ by zničil desku s mikročipem ESP8266, proto je zapotřebí ji snížit na úroveň napětí $U = 3,3\text{ V}$, se kterou deska pracuje. Hlavní funkci plní unipolární tranzistor BSS138. Ten vyžaduje napájení o těchto dvou hodnotách napětí. Na vstup HV1 se přivede signál s napětím o hodnotě $U = 5\text{ V}$ a na výstup LV1 se signálem o hodnotě napětí $U = 3,3\text{ V}$ se připojí na mikročip ESP8266. Tento postup lze provést také opačným směrem.



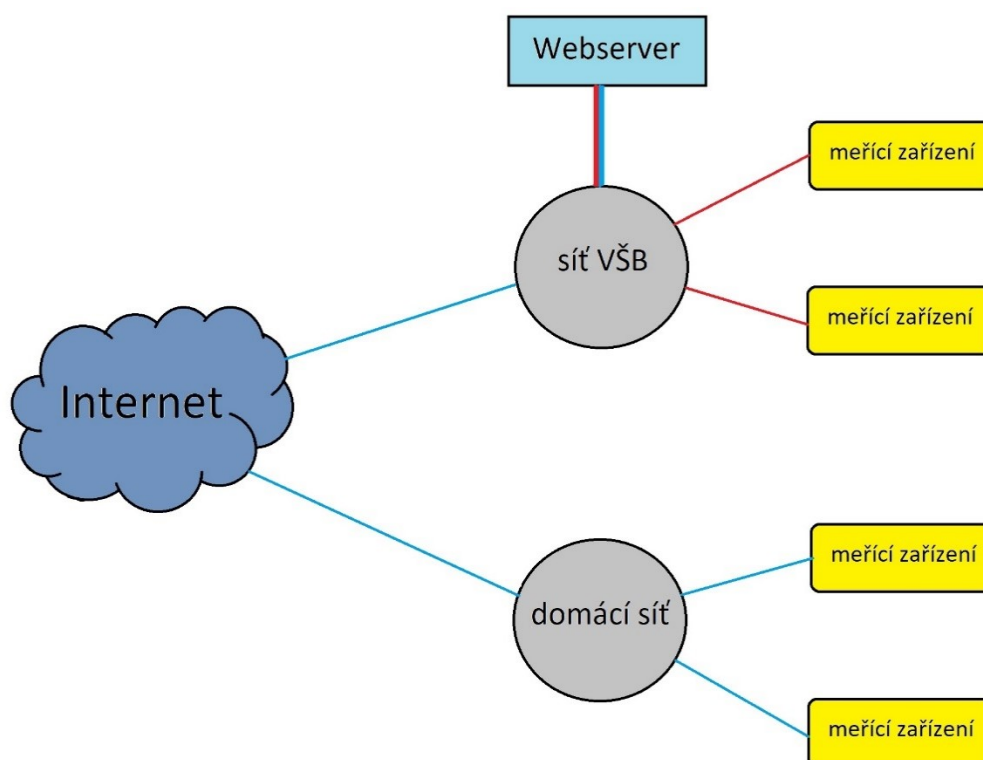
Obrázek 1.13: Čtyř-kanálový převodník logických úrovní

5 Meteostanice

Obsahem této kapitoly je realizace měřicích zařízení, tzv. meteostanic. Ještě před popisem měřicích zařízení popíšu systém samotný. Skládá se z těchto dílčích částí:

- zařízení pro měření atmosférických veličin se solárním panelem,
- zařízení pro měření atmosférických veličin vyžadující externí zdroj napětí,
- webový server.

Celý systém je navržen tak, aby si jej mohl uživatel zhotovit sám. Od výběru a nákupu hardwaru začíná, přes zhotovení, naprogramování, montáž, konfiguraci webserveru a základní kódování webu končí. Meteostanice jsou nakonfigurovány tak, aby měřily meteorologická data a posílaly je v daném intervalu na webový server pomocí GET dotazu. Webový server je podrobněji popsán v následující kapitole. Obrázek 1.13 představuje zjednodušené logické propojení měřicích zařízení s webovým serverem.



Obrázek 1.14: *Logické propojení jednotlivých segmentů*

Červené spoje propojují prvky, které se nacházejí ve školní síti, a jedná se především o webový server a také meteostanice umístěné na konkrétním místě ve školní budově. Modré spoje spojují prvky, které se nacházejí mimo školní síť, například tedy lokální domácí síť uživatelů. Obrázek jednoduše naznačuje, že k webovému serveru je přístup nejen ze školní sítě, ale také odkudkoliv z internetu.

5.1 Meteostanice se solárním článkem

Měřicí zařízení se skládá ze 3 částí: řídicí jednotka, napájecí část a senzory. Toto zařízení je vhodné na místo, kde není přístup k elektrické síti. Předpokládá se, že toto zařízení bude vystavené přímým povětrnostním vlivům. Největším rizikem pro elektroniku je déšť, který by mohl způsobit zkrat a zařízení tak poškodit. Z toho důvodu jsou komponenty umístěné do vodotěsné krabičky, z níž je vyvedena vodotěsná teplotní sonda. Na vrchním víku je přilepen solární článek, určený k převodu světelné energie na energii elektrickou. Touto energií nabíjí akumulátor, umístěný uvnitř krabičky.

Zařízení je nutné umístit tam, kde je pokrytí bezdrátové sítě WiFi. Je proto důležité si před samotnou montáží promyslet, kam meteostanici umístit. Ověřit pokrytí WiFi signálem, nám může posloužit obyčejný chytrý telefon s vhodnou aplikací.

5.1.1 Řídicí jednotka

Řídicí jednotka je mozek celé meteostanice a skládá se pouze z vývojové desky, jejímž jádrem je mikročip ESP8266. Ten vykonává jednotlivé kroky programu: připojení k místní bezdrátové síti WiFi, vykonání funkcí pro komunikaci se senzory a odeslání naměřených dat pomocí metody GET. Posledním krokem je přepnutí mikročipu do hlubokého spánku.

5.1.2 Senzory

Zařízení měří teplotu, vlhkost a tlak vzduchu, proto obsahuje 3 senzory: BMP280, DHT22 a DS18B20. Všechny senzory jsou nakonfigurovány tak, aby se navzájem doplňovaly. BMP280 měří tlak, DHT22 vlhkost, a DS18B20 teplotu. Zapojení senzorů se provede podle schématu zapojení, viz obrázek 1.15.

5.1.3 Napájecí část zařízení

Řídicí jednotka spolu se senzory vyžaduje ke své funkci elektrickou energii s hodnotou napětí minimálně $U = 3,3 \text{ V}$. Je zřejmé, že po provedení měření bude procesor většinu času "čekat" a po naplnění daného intervalu znovu provede měření a úkony s ním spojené. Poté opět "čeká" s tím, že spotřeba elektrické energie zůstává konstantní. To je docela nevýhodné, zvláště když napájíme zařízení z akumulátoru. Můžeme ovšem využít funkci mikročipu ESP8266, a to tzv. "hluboký spánek" během kterého se deaktivují některé funkcionality čipu (viz tabulka 5.1). Pouze hodiny reálného času zůstávají spuštěny (RTC), a ty po uplynutí nastaveného času aktivují "uspanou" funkcionalitu. Samotný proces připojení k WiFi síti, měření a posílání dat trvá v řádech jednotek sekund, a stále se opakuje v nastaveném intervalu. Uživatel si může nastavit dobu dle svých požadavků úpravou ve zdrojovém kódu.

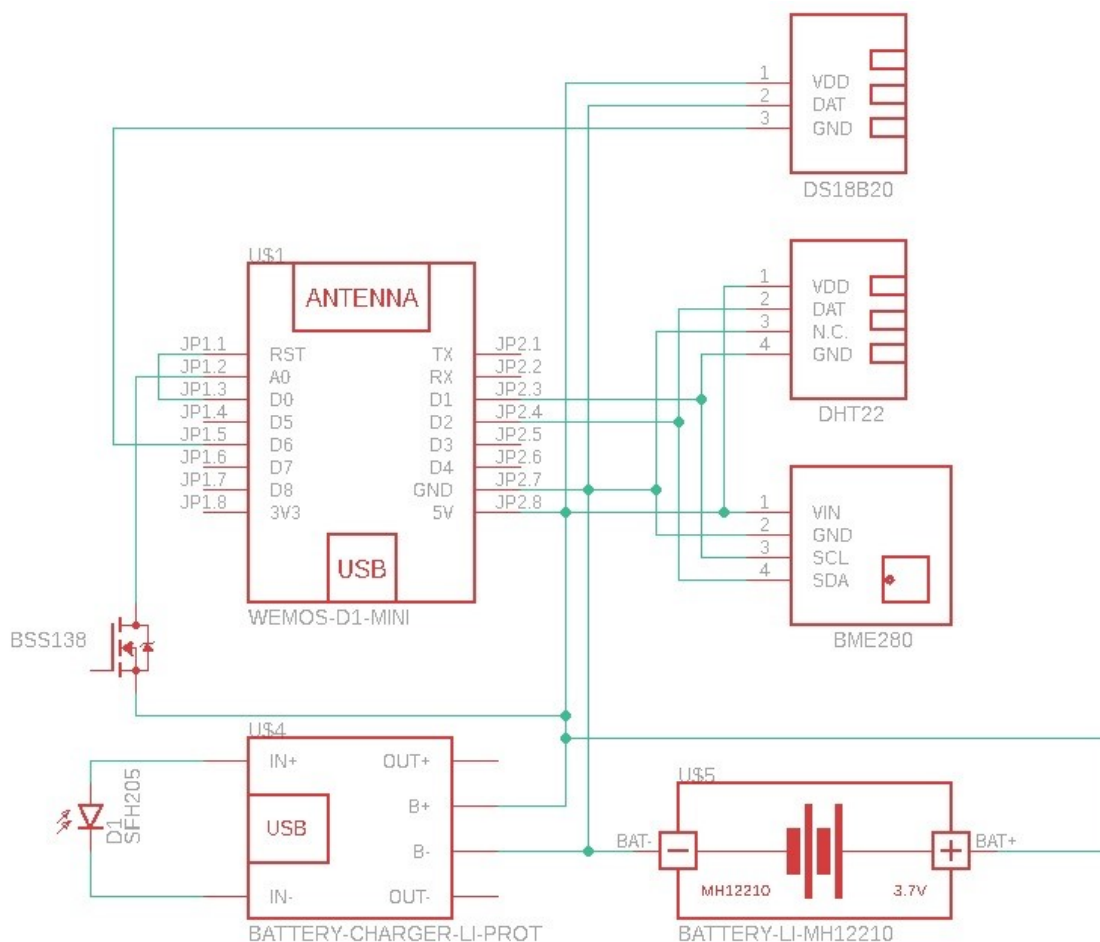
Akumulátor je napájen ze solárního článku, který má při různém slunečním svitu různé hodnoty výstupního napětí. Toto kolísající výstupní napětí není vhodné pro životnost akumulátoru. Při zhoršených světelných podmínkách by byl podbírán a při přímém slunečním svitu zase přebíjen. Proto bylo zapotřebí toto nabíjení regulovat pomocí modulu pro regulaci nabíjení baterie. Při nízké hodnotě výstupního napětí ze solárního článku ($U < 4,5 \text{ V}$) nabíjecí

modul nenabíjí, protože pro nabíjení vyžaduje napětí o hodnotě alespoň $U = 4,5 \text{ V}$. Naopak při vyšší hodnotě výstupního napětí regulátor nabíjí akumulátor napětím $U = 5 \text{ V}$ vhodným pro nabíjení. Jakmile je akumulátor nabitý, regulátor automaticky nabíjení přeruší. Akumulátor tedy není zbytečně přebíjen.

Měřením jsem ověřil skutečné hodnoty napětí a proudu, které byl solární panel, za určitých podmínek, schopen dodat. Očekávána hodnota nabíjecího proudu akumulátoru se měla pohybovat kolem $I = 300 \text{ mA}$. Zjistil jsem ovšem, že při jasné obloze a plném slunečním svitu, kdy dochází k nejvyššímu možnému nabíjení akumulátoru, je hodnota výstupního neboli nabíjecího proudu $I = 117 \text{ mA}$, a při zatažené obloze je hodnota nabíjecího proudu dokonce jen $I = 15 \text{ mA}$. Tato nesrovnalost mezi parametry udávanými výrobcem a skutečnými parametry se také občas projevila tak, že docházelo k výpadkům tohoto měřicího zařízení. Meteostanice kromě naměřených dat posílá také hodnotu napětí na akumulátoru. Jelikož napětí na akumulátoru má velikost $U = 5 \text{ V}$ a mikročip ESP8266 by toto napětí mohlo nenávratně zničit, je použit převodník logických úrovní, který převede velikost napětí $U = 5 \text{ V}$ na $U = 3,3 \text{ V}$, se kterou mikročip pracuje.

Tabulka 1.9: *Tabulka naměřených hodnot meteostanice se solárním panelem*

Měřená veličina	Hodnota	Jednotka
Odběr proudu desky během hlubokého spánku	1,4	mA
Odběr desky během měření	70	mA
Výstupní napětí solárního článku při plném slunečním svitu	7,2	V
Výstupní napětí solárního článku při zatažené obloze	6,2	V
Výstupní proud solárního článku během nabíjení při plném slunečním svitu	117	mA
Výstupní proud solárního článku při zatažené obloze	15	mA
Vstupní napětí desky	5	V



Obrázek 1.15: Schéma zapojení meteostanice

5.2 Meteostanice vyžadující externí zdroj napětí

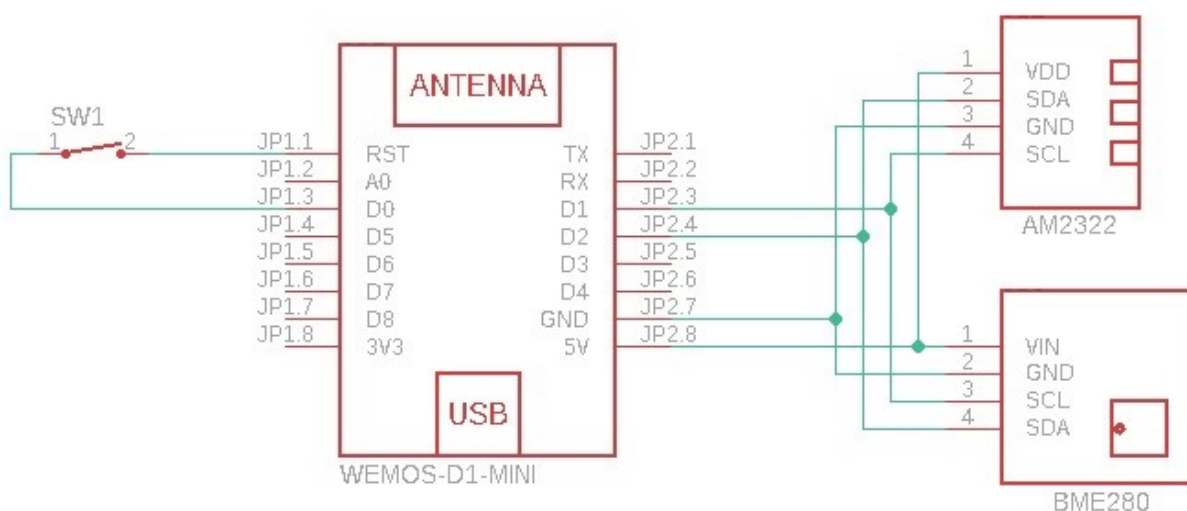
Toto měřicí zařízení neobsahuje solární panel, akumulátor, ani žádné další napájecí moduly. Proto je zapotřebí poskytnout tomuto zařízení stabilizované napětí o velikosti $U = 5\text{ V}$, k čemuž vystačí nabíjecí adaptér na chytrý telefon s výstupním proudem alespoň $I = 200\text{ mA}$. I když neobsahuje akumulátor, přesto posílá údaj o velikosti napětí $U = 5\text{ V}$, která je nastavená na pevně. Výhodou této meteostanice je jednoduchost a nižší výrobní náklady, menší rozměry, a také větší odolnost vůči vysokým teplotám a mrazu, právě také z toho důvodu, že zařízení neobsahuje akumulátor. V dokumentaci [10] je uvedeno, že mikročip ESP8266 měl být provozu schopený v teplotním rozmezí od -40 °C do 125 °C .

5.2.1 Řídící jednotka

Řídící jednotkou této meteostanice je vývojová deska WeMos D1 mini. Ta vykonává stejnou činnost jako vývojová deska u meteostanice se solárním panelem, to znamená měření dat a jejich odesílání na server pomocí WiFi. Meteostanice obsahuje přepínač pro rozpojení pinů RESET a D0 během nahrávání programu do mikročipu. Po nahrávání se musí piny opět spojit, v opačném případě nebude fungovat "režim hlubokého spánku."

5.2.2 Senzory

Tato meteostanice měří stejné veličiny jako meteostanice se solárním panelem: teplotu, vlhkost a tlak vzduchu. Neobsahuje ovšem vodotěsnou sondu DS18B20 a místo senzoru DHT22 je integrován o něco přesnější senzor AM2320. Kromě tohoto senzoru obsahuje také BMP280. Oba senzory se navzájem doplňují, protože AM2320 měří teplotu a vlhkost, a BMP280 měří teplotu a tlak, s tím, že měření teploty tímto senzorem je méně přesné. Proto je zařízení nakonfigurované tak, aby teplotu a vlhkost měřil senzor AM2320 a tlak senzor BMP280. Zapojení senzorů se provede podle schématu zapojení, viz obrázek 1.16.



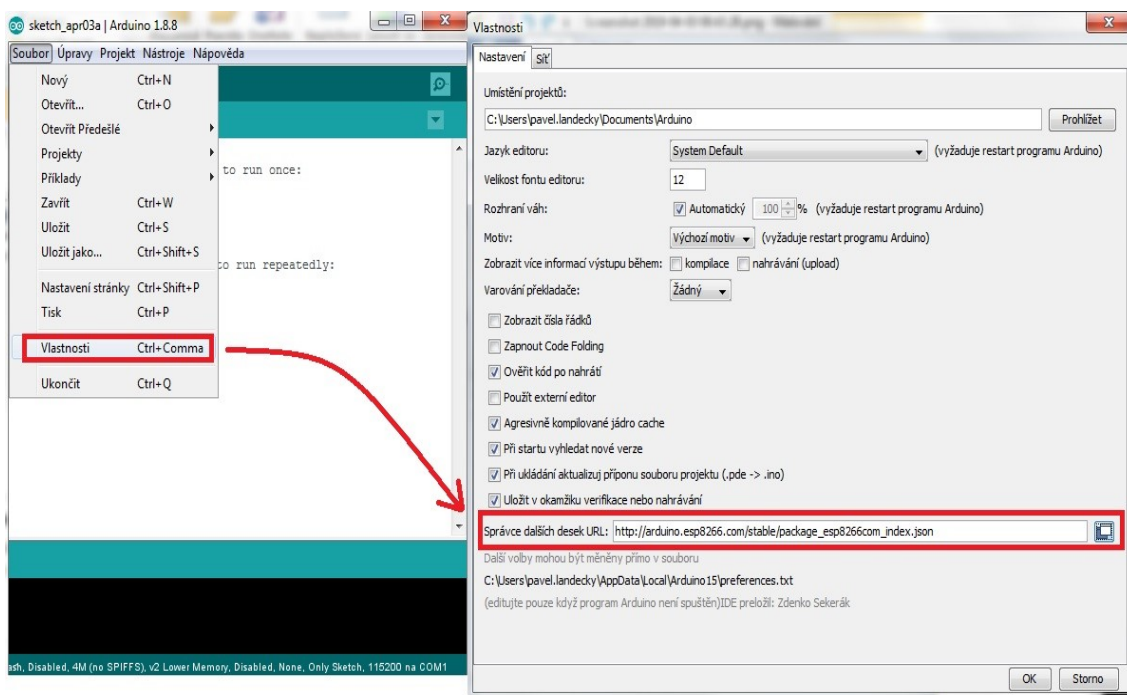
Obrázek 1.16: Schéma zapojení meteostanice

5.3 Nahrání programu do mikročipu

Po každém zapnutí mikročipu se spustí bootloader, který na sériovém portu poslouchá, zda se nenahrává program do mikročipu. Pokud ano, přijímá instrukce a ukládá program do paměti. Po zapsání programu se mikročip opět restartuje a spustí se nahraný program. Jelikož využívání režimu hlubokého spánku vyžaduje propojení pinů RESET a D0, puls, který těsně před nahráváním mikročip resetuje, pošle puls také na pin D0 a nahrávání programu skončí s chybou. Proto je nutné piny před nahráváním rozpojit a po nahrání programu opět propojit.

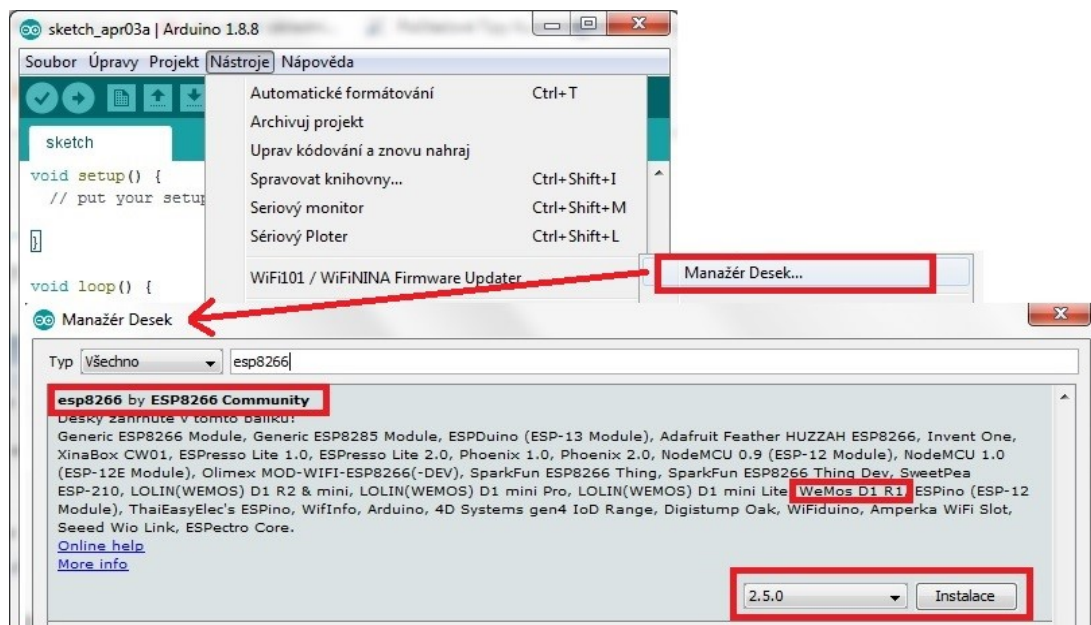
Pro programování vývojových desek s mikročipem ESP8266 je zapotřebí vývojové prostředí Arduino IDE správně nakonfigurovat. V první řadě je nutné nastavit podporu pro mikročip ESP8266. Podle obrázku 1.16 se v dialogovém okně Vlastnosti u "Správce dalších desek URL" musí přidat tento odkaz:

http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json.



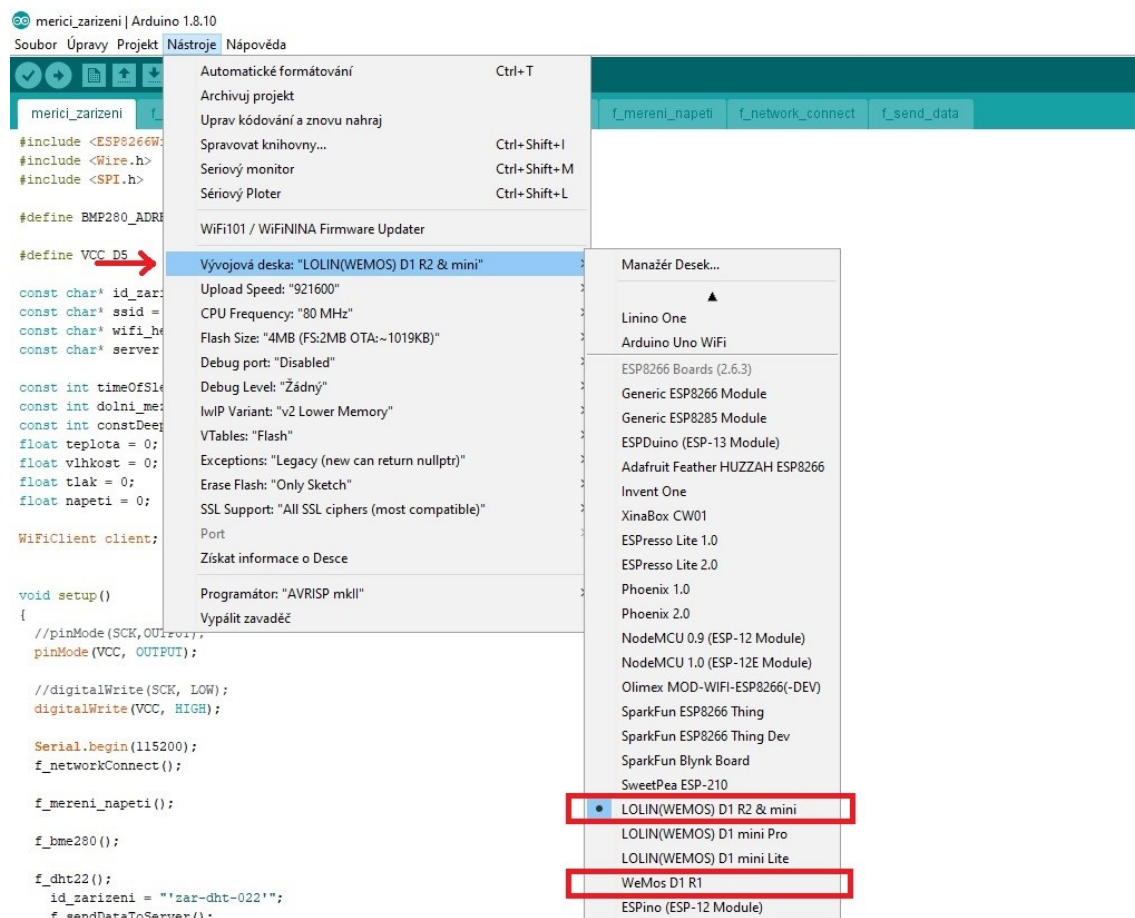
Obrázek 1.17: Konfigurace IDE: vložení odkazu pro podporu ESP8266

Dalším krokem je přidání vývojových desek, které obsahují mikročip ESP8266. Podle obrázku 1.17 otevřeme manažér desek, do vyhledávače napíšeme "esp8266" a nainstalujeme nejnovější verzi.



Obrázek 1.18: Konfigurace IDE: Instalace desek s ESP8266

Před samotným nahráním programu do paměti mikročipu ještě vybereme konkrétní desku, do které chceme program nahrát.



Obrázek 1.19: Konfigurace IDE: Výběr konkrétní desky

5.4 Popis jednotlivých souborů se zdrojovými kódy

Zdrojový kód je rozdělen tak, aby bylo možné přehledně spojit jednotlivé moduly.

5.4.1 f_bme280.ino

Funkce umožňující konfiguraci a měření teploty, vlhkosti a tlaku senzorem BME208.

5.4.2 f_dht22.ino

Funkce umožňující konfiguraci a měření teploty a vlhkosti senzorem DHT22.

5.4.3 f_ds18b20.ino

Funkce umožňující konfiguraci a měření teploty vodotěsnou teplotní sondou.

5.4.4 **f_mereni_napeti.ino**

Funkce pro kontrolní měření napětí na akumulátoru.

5.4.5 **f_network_connect.ino**

Funkce umožňující připojení k místní bezdrátové síti WiFi.

5.4.6 **f_send_data.ino**

Funkce pro odeslání naměřených dat na server pomocí metody GET v protokolu HTTP.

5.4.7 **meteostanice.ino**

Soubor se zdrojovým kódem, který slouží jako základ pro meteostanici vyžadující externí napájecí zdroj.

5.4.8 **meteostanice_solar.ino**

Soubor se zdrojovým kódem, který slouží jako základ pro meteostanici se solárním panelem.

6 Webový server

Pro prezentaci naměřených dat na webových stránkách bylo zapotřebí implementovat webový server, jehož úkolem je zpracovávání klientských HTTP požadavků. Protokol HTTP zprostředkovává komunikaci webového klienta s webovými servery a umožňuje odeslání požadavků a odpovědí webového klienta na server a zpět. Díky tomu je měřicí zařízení schopno posílat naměřená data pomocí metody GET na webový server, který přijatá data ukládá do databáze a dále s nimi pracuje. Uživatel si může vybrat, zda si webový server nainstaluje doma na vlastní platformu nebo využije webhosting.

Za účelem testování byl server školou zpřístupněn na adrese <http://158.196.109.178/>, což je důležité pro dostupnost i mimo školní síť. Uživatelé tak mohou ze své domácí sítě do systému zasílat vlastní data nebo si prohlížet výsledky. Adresa je pro testování dostupná přes otevřený port 80, který umožňuje pouze nezabezpečené připojení. V ostrém provozu by se zavedla zabezpečená komunikace přes port 443. Tento webový server nese pracovní název OpenSKY.

Server je provozován na linuxové distribuci Debian, který je vhodný zejména pro svou stabilitu, bezpečnost a otevřenost. Dále je pro správnou funkci služby webového serveru nainstalován HTTP server Apache2, který zajišťuje provoz velkého množství webových stránek a pro práci s databází je na serveru nainstalován systém MySQL, uplatňující relační databázový model. Webové stránky, tak jak jsou uživateli prezentované, jsou psané v HTML a CSS, a logika, kterou představuje načítání, vkládání a aktualizace dat v databázi, vykonávají skripty psané v jazyce PHP. Pochopitelně musí mít soubory obsahující PHP skript příponu ".php", díky níž server předá tento soubor skriptovacímu stroji PHP, a výstup tohoto stroje poté odešle do webového prohlížeče uživatele. Výhodou skriptovacího jazyka PHP je také možnost psát uvnitř PHP kódu HTML kód, což zjednodušuje formátování a organizaci samotného kódu. Pro lepší přehlednost jsem ovšem u některých skriptů oddělil logiku, od "toho, co uživatel vidí", i když jsou v obou souborech bloky s PHP kódem. Více se touto problematikou zabývá literatura [8].

Instalaci a správu veškerého softwaru jsem prováděl pomocí vzdáleného terminálu, který přes port 22 zprostředkovává zabezpečený protokol SSH. Podrobná konfigurace webového serveru je popsána v příloze.

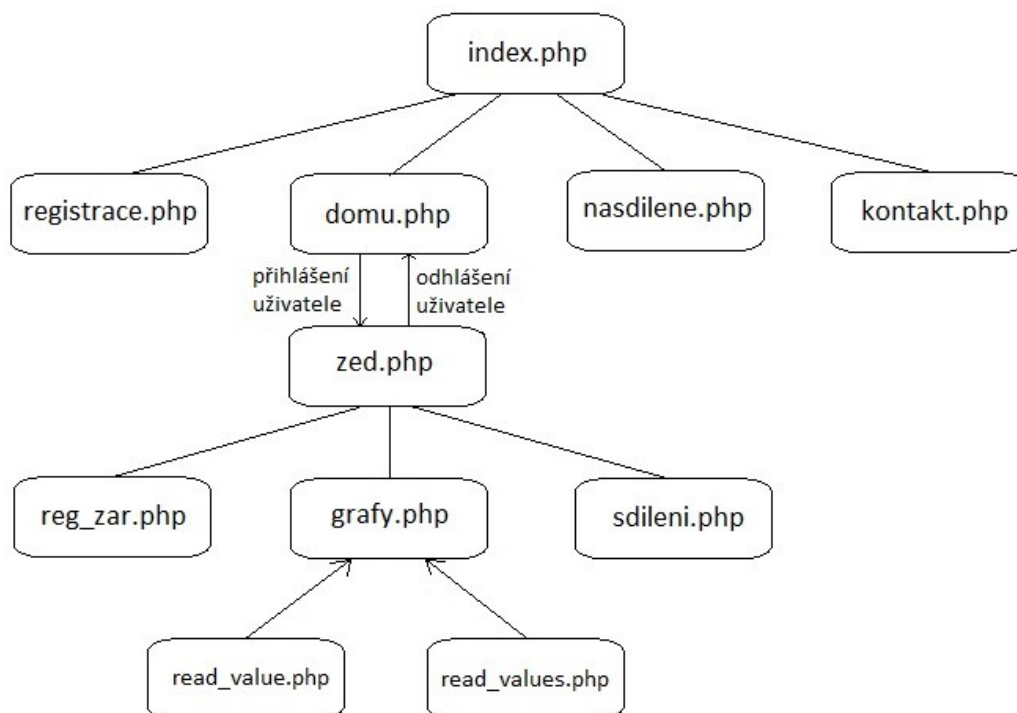
6.1 Databáze naměřených dat

Na serveru je nainstalován nástroj phpMyAdmin, díky kterému je umožněna správa relační databáze MySQL. Relační databáze s názvem "meteo" obsahuje 3 tabulky. V první tabulce "mereni" se do jednoho řádku s časovým údajem ukládají naměřené hodnoty: teplota, vlhkost, tlak a napětí. Druhá tabulka "uzivatele" obsahuje data o registrovaných uživateli: ID, jméno, příjmení, login, heslo a datum registrace. A třetí tabulka "zarizeni" obsahuje data o měřicích zařízeních: ID uživatele, kterému patří konkrétní meteostanice, ID měřicího zařízení, umístění meteostanice (město a lokace), datum registrace zařízení a údaj, zda uživatel povolil sdílení dat konkrétního zařízení. S databází pracují skripty, které obsahují SQL dotazy umožňující

plnou manipulaci s daty uložené v databázi. Mezi základní příkazy pro práci s daty patří: SELECT (výběr dat), INSERT (vkládání dat), DELETE (mazání dat) a UPDATE (editace dat).

6.2 Popis jednotlivých skriptů

V adresáři `/var/www/html` se nacházejí soubory a skripty, které jsou potřebné pro správnou funkci webového serveru. Obrázek 1.20 znázorňuje, jak jsou jednotlivé skripty mezi sebou logicky propojeny.



Obrázek 1.20: Grafické znázornění logického propojení jednotlivých skriptů

6.2.1 add.php

Jakmile měřicí zařízení provede měření, naměřená data vloží do řetězce URL adresy a pošle na server pomocí metody GET. Řetězec obsahuje nejen naměřená data (teplota, vlhkost, tlak, hodnota napájecího napětí), ale také informace, na jaký server se mají data poslat, který skript je má zpracovat, a jaké zařízení data posílá (ID zařízení). Řetězec je posílán v tomto tvaru: `localhost/add.php?id_zarizeni=X6I-8FG-8LB&teplota=20&vlhkost=75&tlak=1001&napeti=5`

Z tohoto řetězce je patrné, že zařízení s označením X6I-8FG-8LB posílá naměřené údaje takové, že teplota vzduchu je 20 °C, vlhkost vzduchu je 75 %, tlak vzduchu je 1001 hPa a velikost napájecího napětí je 5 V. Skript převezme tato data z řetězce, ověří, že je posílá registrované zařízení, a uloží hodnoty do databáze.

6.2.2 **create_DB_tables.txt**

Tento textový soubor obsahuje SQL dotazy, sloužící k vytvoření databáze a tabulek, potřebných k ukládání naměřených dat na server.

6.2.3 **DB_connect.php**

Zde jsou uloženy citlivé údaje potřebné k připojení databáze.

6.2.4 **domu.php**

Podstránka webu, která se načte v úvodu. Obsahuje přihlašovací formulář pro registrované uživatele. Potvrzením tohoto formuláře se pomocí metody POST() odešlou data pro skript, který se připojí k databázi a provede SQL dotaz, zda zadaný uživatel existuje a zda je zadané správné heslo. Pokud login a heslo uživatele souhlasí s údaji z databáze, uloží se data z formuláře do superglobální proměnné \$_SESSION. Session, česky sezení nebo také relace, umožňuje zapamatování si přihlášeného uživatele. Odpadá tedy nutnost předávání informace o přihlášeném uživateli mezi skripty.

6.2.5 **grafy.php**

Skript, který vygeneruje webovou stránku, prezentující data uložená v databázi. Na webové stránce jsou zobrazeny údaje o zařízení, časovém intervalu, lokalitě, hodnotě napájecího napětí. Dále jsou zobrazeny poslední naměřené hodnoty a tři grafické křivky, které vykreslují vývoj naměřených dat: teploty, vlhkosti a tlaku. Tomuto skriptu poskytnou data skripty read_value.php a read_values.php.

6.2.6 **index.php**

Výchozí webová stránka, jejíž skript otevírá podstránky.

6.2.7 **kontakt.php**

Tato podstránka zobrazí kontakt na autora webu.

6.2.8 **nasdilene.php**

Podstránka, která zobrazuje meteostanice ostatních uživatelů. Podmínkou je, že uživatel musí povolit sdílení u konkrétní meteostanice.

6.2.9 **read_value.php**

Tento pomocný skript načte a připraví poslední uložená data v databázi skriptu grafy.php.

6.2.10 **read_values.php**

Tento pomocný skript načte a připraví uložená data v databázi skriptu grafy.php.

6.2.11 **registrace.php**

Podstránka pro registraci uživatelů. Skript pomocí metody POST přijme z webového formuláře údaje, zadané uživatelem, jenž se chce zaregistrovat. Údaje se uloží do databáze.

6.2.12 **reg_zar.php**

Skript provádějící registraci zařízení přihlášeného uživatele.

6.2.13 **sdileni.php**

Skript, který aktualizuje stav, zda uživatel sdílení u konkrétního zařízení povolil nebo zakázal.

6.2.14 **styl.css**

CSS styl aplikovaný na webové stránky.

6.2.15 **Wrapper.php**

Skript obsahuje objektový ovladač, tzv. wrapper. Zdrojový kód je použit z webové stránky [7].

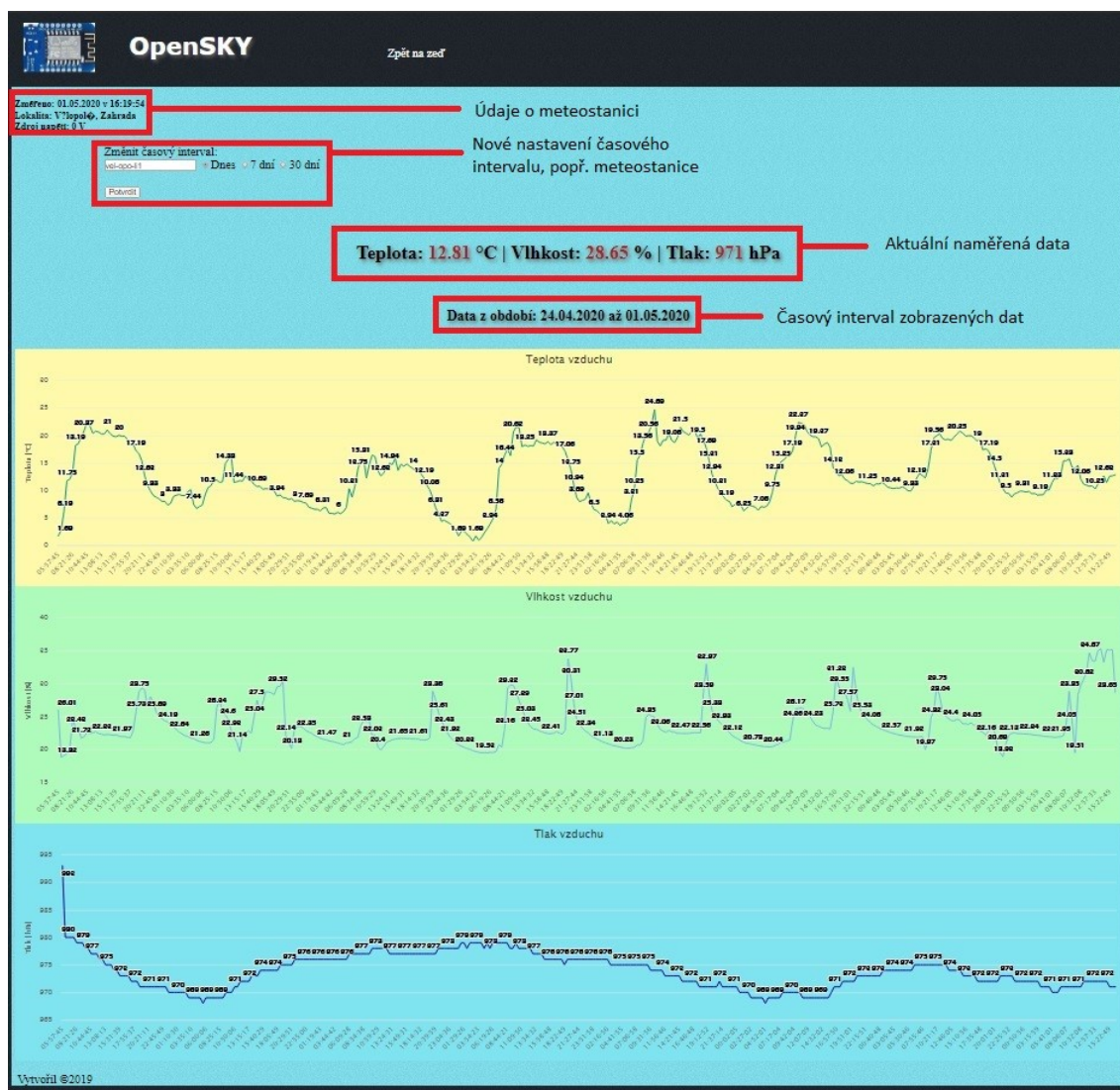
6.2.16 **zed.php**

Stránka, která v tabulce zobrazí meteostanice právě přihlášeného uživatele. Kliknutím na konkrétní meteostanici se zobrazí grafická prezentace naměřených dat. Tabulka dále obsahuje informace konkrétní meteostanice: město, konkrétní lokace, datum registrace a nabízí také možnost povolit nebo zakázat sdílení dat s ostatními uživateli. Na této stránce je rovněž k dispozici registrace nové meteostanice. Jakmile uživatel vyplní formulář a potvrdí jej, skript `reg_zar.php` provede uložení údajů o nové meteostanici do databáze.

6.3 **Uživatelské rozhraní a sdílení dat mezi uživateli**

Uživatelské rozhraní reprezentuje webová stránka, na jejíž úvodní stránce je přihlašovací formulář, kam se přihlašují registrovaní uživatelé. Dále se na úvodní stránce nachází záložka registrace uživatele, prezentace sdílených dat ostatních uživatelů (kteří povolili sdílení) a kontakt na autora.

Po úspěšném přihlášení uživatele se zobrazí tzv. "uživatelská zed" na které je tabulka s registrovanými meteostanicemi. Registrace meteostanic je podrobněji popsána v příloze. Po kliknutí na konkrétní ID zařízení z tabulky se otevře stránka s grafickým zobrazením naměřených dat za 24 hodin. Dále jsou zde přehledně zobrazeny aktuální naměřené hodnoty a také informace o měřicím zařízení, včetně umístění. Uživatel má také možnost přepnout časový interval grafického zobrazení z výchozího 24 hodinového na 7 denní nebo 30 denní. Ukázka prezentace naměřených dat konkrétního měřicího zařízení je na obrázku 1.21.



Obrázek 1.21: Ukázka prezentace naměřených dat

Registrovaní uživatelé mohou povolit sdílení svých dat v tabulce registrovaných zařízení na uživatelské zdi. Pokud uživatel povolí sdílení dat konkrétního zařízení zmáčknutím na "Sdílet", v databázi se edituje pravdivostní hodnota v tabulce "zarizeni" ve sloupci "sdileni". Na stránce se sdílenými daty se pak zobrazí tabulka s těmi zařízeními, které mají uživatelem povolené sdílení. Tím se umožní náhled ostatním uživatelům, jenž si mohou sdílená data prohlížet bez nutnosti registrace.

6.4 Zabezpečení webových stránek a uživatelských dat

Při správě webových stránek je důležité nepodcenit zabezpečení nejen svých dat, ale také dat uživatelů, kteří web využívají.

6.4.1 Antispam a hashování hesel

Pokud chtějí uživatelé zaznamenávat, analyzovat a případně sdílet svá data, musí se registrovat. Je vyžadováno zadání jména a příjmení uživatele, přihlašovacího jména (login) a hesla. Všechny formuláře obsahují kolonku, tzv. "antispam", který slouží jako ochrana před vkládáním nežádoucího obsahu do formulářů. Hesla uživatelů nejsou ukládána do databáze přímo, ale pomocí funkce `password_hash()` se vytvoří jejich otisk a ten je uložen do databáze. Pro ochranu hesel uživatelů je vhodné ztížit potenciálnímu útočníkovi tuto aktivitu také tím, že budou od uživatelů očekávána co nejdelsí hesla. Čím delší heslo totiž uživatel zadá, tím více času bude útočník potřebovat. Prolomení hesla s 10 a více znaky by trvalo tak dlouho, že by se to útočníkovi nevyplatilo vůči nákladům a vynaloženému úsilí. Tím jsou hesla uživatelů zabezpečena v případě, kdyby došlo k nežádoucímu úniku dat. Funkce `password_hash()` využívá k hashování algoritmus, který také generuje tzv. salt, což je v podstatě náhodný řetězec znaků, který se připojí k heslu a tím se zajistí, že nebude možné rozpoznat jednodušší hesla. Více informací o vytváření hash otisků z hesel je možno nalézt na internetové stránce [6].

6.4.2 Protokol HTTPS

Nevýhodou komunikace pomocí protokolu HTTP je to, že přenášené informace nejsou nijak šifrovány. Během registrace uživatel vyplní registrační údaje, včetně hesla ve formuláři a odešle je ze svého webového prohlížeče na server. Také během přihlašování uživatel vyplňuje svůj login a heslo. Díky této nešifrované komunikaci má potenciální útočník možnost heslo lehce získat.

Tento docela zásadní a bezpečnostní problém lze vyřešit použitím zabezpečeného HTTP protokolu, HTTPS. Jelikož byl tento web dosud zřízen pro testovací účely a cílem nebylo stránky zabezpečit, tak stále používá nezabezpečený protokol HTTP, ale v případě ostrého nasazení webu, bude nutné je takto zabezpečit. K použití tohoto zabezpečeného protokolu je důležité na webový server nainstalovat SSL certifikát, za který se zaručuje důvěryhodná tzv. "certifikační autorita," např. DigiCert, AlphaSSL, Lets Encrypt, a další. Ceny jednotlivých certifikátů se liší. Zakoupení certifikátu AlpiroSSL na 2 roky cenově vychází na 169 Kč, naproti tomu certifikát AlphaSSL cenově vychází na 887 Kč. Lets Encrypt je zdarma. Ceny jsou převzaty z internetové stránky Srovnání SSL certifikátů [5].

6.4.3 SQL Injection

Další nebezpečí pro uživatelská data představuje útok tzv. "SQL Injection". Potenciální útočník je totiž schopen vložit do přihlašovacího formuláře SQL dotaz, kterým například může ukrást účty uživatelům nebo dokonce vymazat celou databázi. Proto není bezpečné vkládat proměnné rovnou do SQL dotazu, ale použít tzv. parametrizované dotazy. Místo proměnných se tak do SQL dotazu vloží zástupné znaky. Web OpenSKY je naimplementován tak, aby bylo

případnému útočnickovi znemožněno tento útok provést. Databázový wrapper obsahuje metodu, která jako první parametr přijímá SQL dotaz a další parametry předává jako proměnné. Zde je uvedena ukázka zdrojového kódu ze souboru *registrace.php*:

```
Db::query('INSERT INTO uzivatele (jmeno, prijmeni, login, heslo, datum_registrace)VALUES (?, ?, ?, ?, CURRENT_TIMESTAMP)', $_POST['jmeno'], $_POST['prijmeni'], $_POST['login'], $heslo);
```

6.4.4 Spoofing dat

Další potenciálně škodlivou akcí, kterou může útočník provést, je tzv. "spoofing dat", jenž spočívá ve vkládání nežádoucích dat do databáze. Pokud útočník zná ID konkrétního zařízení, může do databáze jednoduše vkládat smyšlená data skrze falzifikované GET dotazy a znehodnotit tak celé měření. Právě také z tohoto důvodu je nutné po ukončení testovacího provozu implementovat zabezpečený protokol HTTPS a odstranit z veřejné části webových stránek informaci o ID zařízení s tím, že by jej znal pouze uživatel vlastníci toto zařízení. Neregistrovaným uživatelům by se místo ID zařízení zobrazoval například název meteostanice. Názvy svých meteostanic by si určovali sami uživatelé, vlastníci tyto meteostanice. Tento název totiž není obsažen v GET dotazu. Pro další zvýšení bezpečnosti bych u ID zařízení ještě navýšil počet znaků v řetězci. Útočník tak bude mít více ztížené podmínky měření znehodnotit. V budoucím vývoji by bylo dále možné komunikaci se serverem implementovat prostřednictvím REST API, které poskytuje standardizovaný framework pro komunikaci HTTPS, poskytuje vyšší úroveň zabezpečení i autentifikace, a zároveň zjednodušuje komunikaci s aplikacemi třetích stran.

Závěr

Tato práce byla navržena tak, aby poskytla uživateli nízkonákladové open-source řešení pro monitoring meteorologických dat a obsahuje návody: jaký hardware vybrat pro měřicí zařízení a jak jej správně nakonfigurovat, dále konfigurace vlastního serveru, realizace přenosu naměřených dat přes bezdrátovou síť WiFi a jejich ukládání do databáze, tvorba webových stránek, které prezentují naměřená data uložená v databázi. V příloze jsou obsaženy také všechny soubory se zdrojovými kódy. Díky tomu si uživatel může toto navržené řešení zhotovit sám a přizpůsobit si jej podle svých potřeb.

Jedním z bodů zadání této práce bylo použít oblíbenou platformu Arduino, nicméně ukázalo se výhodnější použít platformu založenou na mikročipu ESP8266, který nejenže je Arduino podobný a lze jej programovat jako Arduino, ale navíc v sobě integruje WiFi a je cenově levnější než Arduino.

Práce obsahuje rovněž ukázkou meteostanice se solárním článkem, kterou je tak možné umístit tam, kde není dostupný přívod elektrické energie, nicméně musí být v dosahu WiFi sítě. Pokud bychom potřebovali provádět měření mimo dosah WiFi sítě, museli bychom k zařízení buď přidat modul poskytující mobilní datovou službu, který by ovšem provoz výrazně prodražil anebo spíše implementovat hardware využívající rádiovou technologii LoRa. Ta je určená pro přenos malého množství dat na větší vzdálenosti, řádově až několika kilometrů. Během provozu meteostanice se solárním článkem a po provedení několika měřeních jsem zjistil nedostatečnost tohoto článku pro mé řešení. Při realizaci dalšího zařízení se solárním článkem bych se proto raději vyhnul tomuto cenově levnějšímu solárnímu článku, který ve skutečnosti nemá takové parametry, jaké udává výrobce. Realizace měřicího zařízení bude sice cenově vyšší, ale předejde se výpadkům napájení a zařízení bude spolehlivější. Slabinou tohoto zařízení je také akumulátor, jehož životnost vlivem povětrnostních podmínek, – vysokých teplot nebo naopak mrazu, rychle klesá. Nabízí se možnosti akumulátor lépe zabezpečit, pořídit odolnější anebo akumulátor úplně vyloučit a použít výkonnější solární článek, který bude schopen přes den, i při zatažené obloze, zařízení dostatečně napájet. V takovém případě ovšem zařízení pochopitelně nebude funkční v nočních hodinách.

Také jsem vyznamenal, že během venkovního měření docházelo k situaci, že půl dne svítilo na meteostanici slunce, což nepříznivě a výrazně ovlivňovalo hodnoty měření. Aby se eliminovala tato chyba, musí se zrealizovat měření minimálně dvěma meteostanicemi a umístit je tak, aby byla právě jedna na přímém slunci a druhá ve stínu. Poté by se musela provést konfigurace tak, aby se přijímala naměřená data pouze z té meteostanice, která je právě ve stínu.

Výhledově plánuji měřicí zařízení rozšířit o měření množství srážek a rychlosti větru. Rovněž by bylo záhodno vylepšit webové stránky, např. přidat mapu se zobrazením poloh meteostanic, popř. vytvořit responzivní web pro optimální zobrazení webových stránek na mobilních zařízeních. V případě využití webu v ostrém provozu je nutnost naimplementovat zabezpečenou komunikaci přes protokol HTTPS a pokud možno znemožnit potenciálnímu

útočníkovi "spoofing dat" navýšením počtu znaků v řetězci ID zařízení a jeho skrytím před ostatními uživateli.

Použitá literatura

- [1] Předpovědi modelu Aladin. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit.2019-03-28]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ov/aladin/results/ala.html>
- [2] WeatherHub [online]. [cit.2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.weatherhub.cz/>
- [3] AUSCOM [online]. [cit. 2019-3-1]. Dostupné z: <https://www.auscomtech.com.au/wp-content/uploads/2019/03/ESP8266-D1-R1-Pinout-2.jpg>
- [4] EscapeQuotes [online]. [cit. 2016-2-19]. Dostupné z: <https://escapequotes.net/esp8266-wemos-d1-mini-pins-and-diagram/>
- [5] Srovnání SSL certifikátů [online]. [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://www.ssls.cz/srovnani.html>
- [6] PHP – password_hash [online]. [cit. 2020-04-14]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/manual/php/other/other/password-hash>
- [7] Databáze PHP pro začátečníky [online]. [cit. 2019-11-14]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/php/databaze>
- [8] BORONCZYK, Tim. *PHP 6, MySQL, Apache: vytváříme webové aplikace*. Přeložil Bogdan KISZKA. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2767-4
- [9] SELECKÝ, Matúš. *Arduino: uživatelská příručka*. Přeložil Martin HERODEK. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4840-2.
- [10] ESP8266EX Datasheet – Espressif Systems [online]. [cit. 2019-12-1]. Dostupné z: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf

Seznam příloh

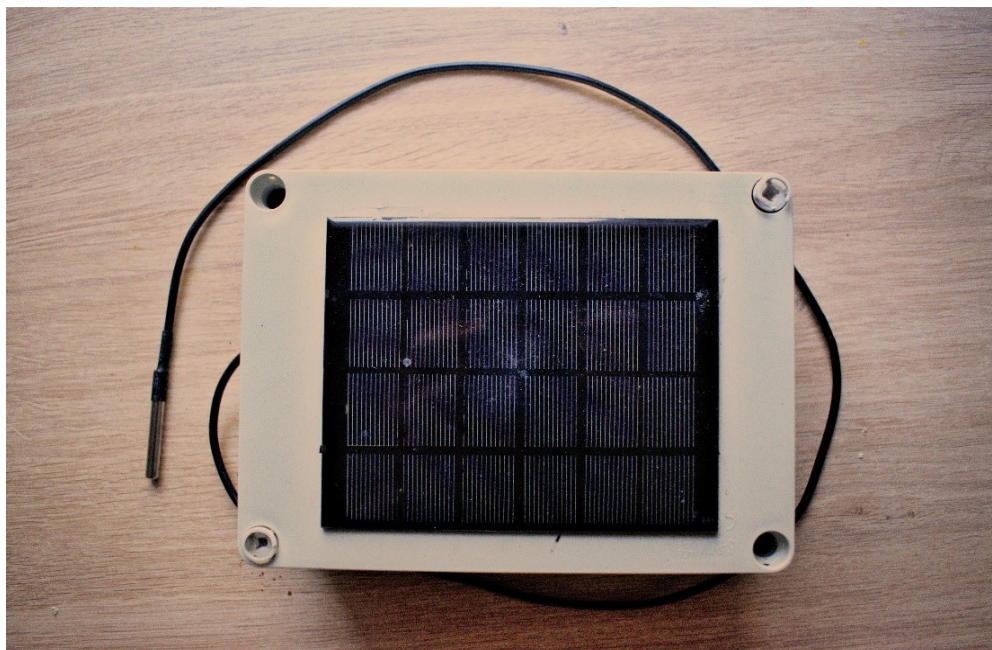
Příloha A:	Fotodokumentace měřících zařízení.....	I
Příloha B:	Popis instalace webového serveru.....	III
Příloha C:	Návod na registraci měřícího zařízení.....	VII

Součástí této bakalářské práce je CD, které obsahuje zdrojové kódy meteostanic a webového serveru.

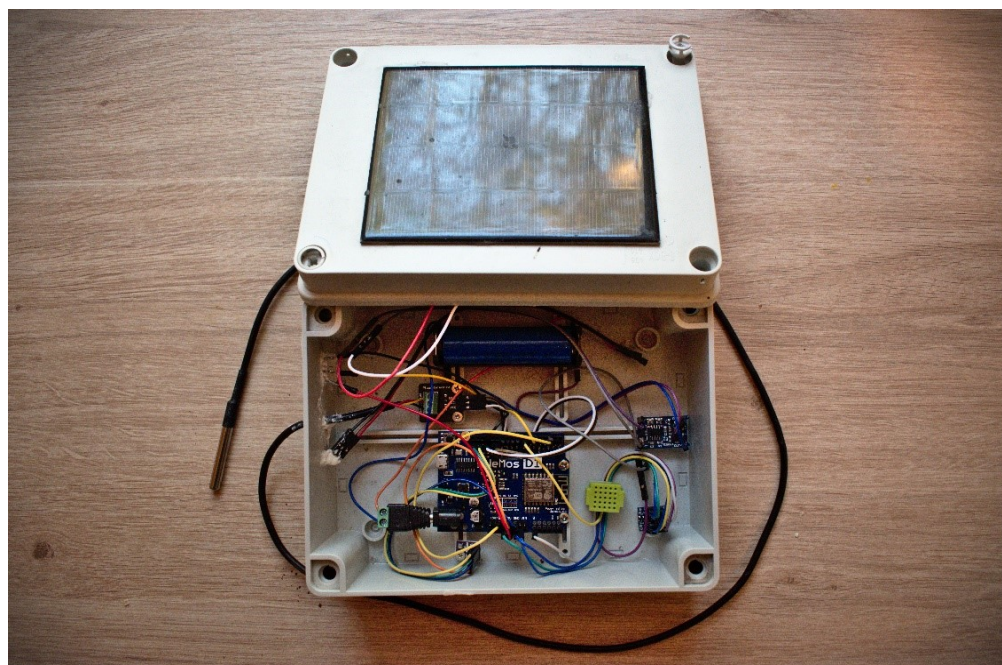
Adresářová struktura přiloženého CD/DVD:

/merici_zarizeni	Adresář obsahuje další 2 podadresáře, viz níže
/merici_zarizeni/meteostanice	Adresář obsahuje soubory se zdrojovými kódy meteostanice vyžadující externí napájecí zdroj
/merici_zarizeni/meteostanice_solar	Adresář obsahuje soubory se zdrojovými kódy meteostanice se solárním panelem
/webovy_server	Adresář obsahuje soubory s PHP skripty a HTML kódy pro správnou funkci webových stránek, také textový soubor s SQL dotazy pro vytvoření databáze a tabulek
/webovy_server/obrazky	Adresář obsahuje obrázek, který obsahuje webová stránka
/webovy_server/podstranky	Adresář obsahuje soubory podstránek s PHP skripty a HTML kódy

Příloha A: *Fotodokumentace měřících zařízení*



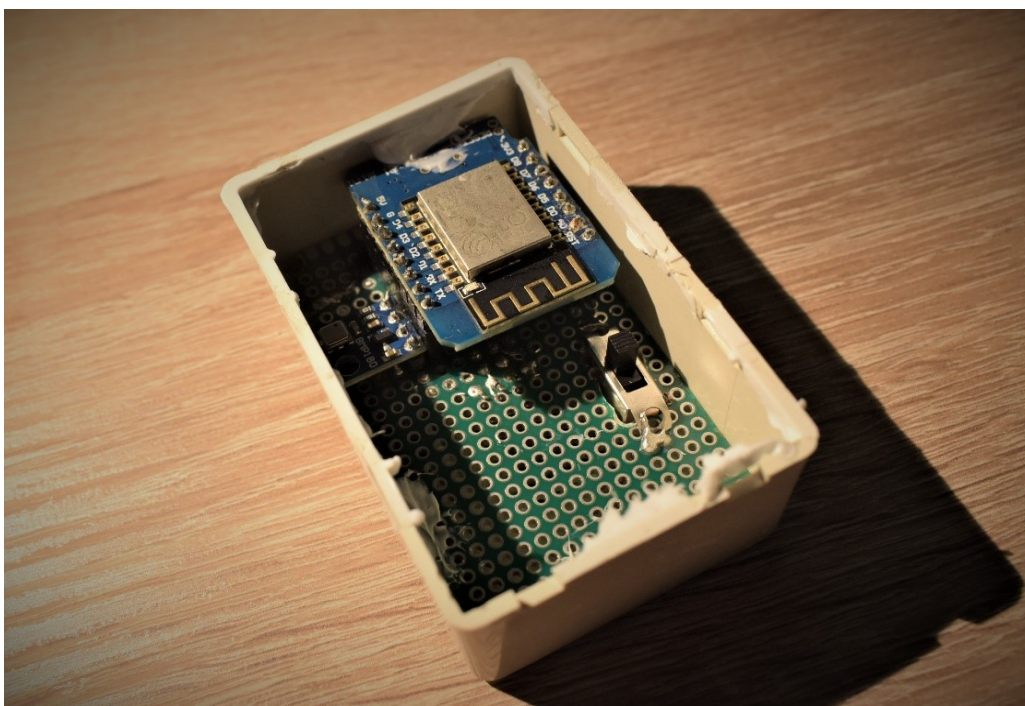
Obrázek A.1: *Meteostanice se solárním panelem*



Obrázek A.2: *Meteostanice se solárním panelem – pohled dovnitř*



Obrázek A.3: *Meteostanice vyžadující externí zdroj napájení*



Obrázek A.4: *Meteostanice vyžadující externí zdroj napájení – pohled dovnitř*

Příloha B: *Popis instalace webového serveru*

1. Příprava

Po přihlášení do systému aktualizujeme balíčky na nejnovější dostupnou verzi.

```
$ sudo apt-get update
```

```
$ sudo apt-get upgrade
```

2. Apache

Nainstalujeme HTTP server Apache2

```
$ sudo apt-get install apache2
```

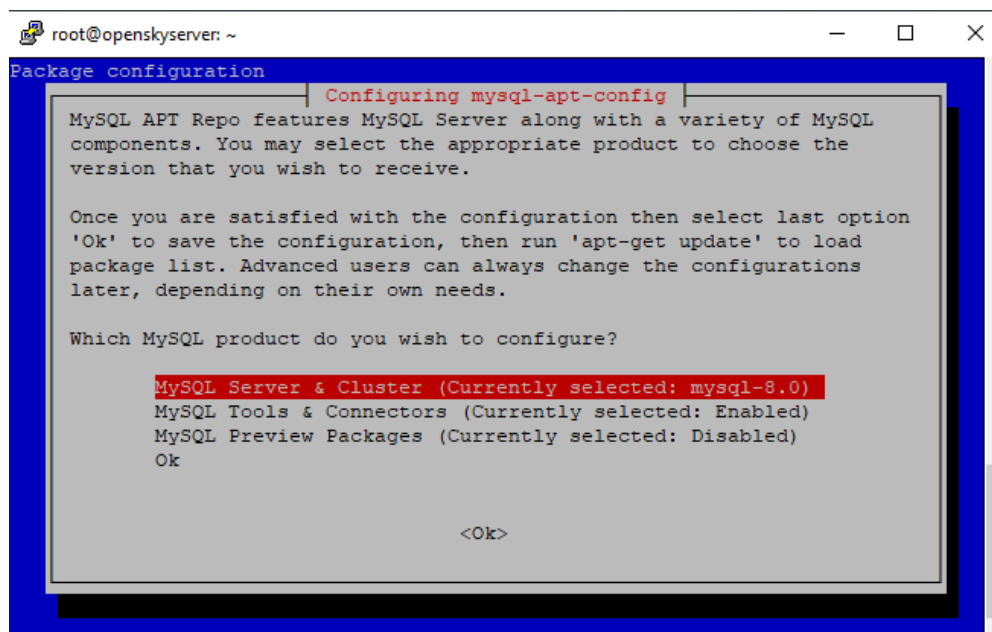
3. MySQL

Stáhneme a nainstalujeme balíček potřebný pro instalaci MySQL, který do systému přidá soubor PPA.

```
$ wget http://repo.mysql.com/mysql-apt-config_0.8.13-1_all.deb
```

```
$ sudo dpkg -i mysql-apt-config_0.8.13-1_all.deb
```

Během instalace konfiguračního balíčku MySQL se zobrazí výzva k výběru verze MySQL. Vybereme *MySQL Server & Cluster*.



Po této konfiguraci spustíme následující příkazy:

```
$ sudo apt update
$ sudo apt install mysql-server
```

Instalační proces vyzve k nastavení hesla root uživatele.

4. Instalace PHP

Pro instalaci nejnovější verze PHP je nutné přidat PPA třetích stran:

```
$ wget -q https://packages.sury.org/php/apt.gpg -O- | sudo apt-
key add -
$ sudo echo "deb https://packages.sury.org/php/ stretch main" |
tee /etc/apt/sources.list.d/php.list
```

Poté nainstalujeme nejnovější verzi PHP:

```
$ sudo apt update
$ sudo apt install php php-mysql libapache2-mod-php
```

5. Instalace PHPMYADMIN

Pro instalaci provedeme následující příkazy:

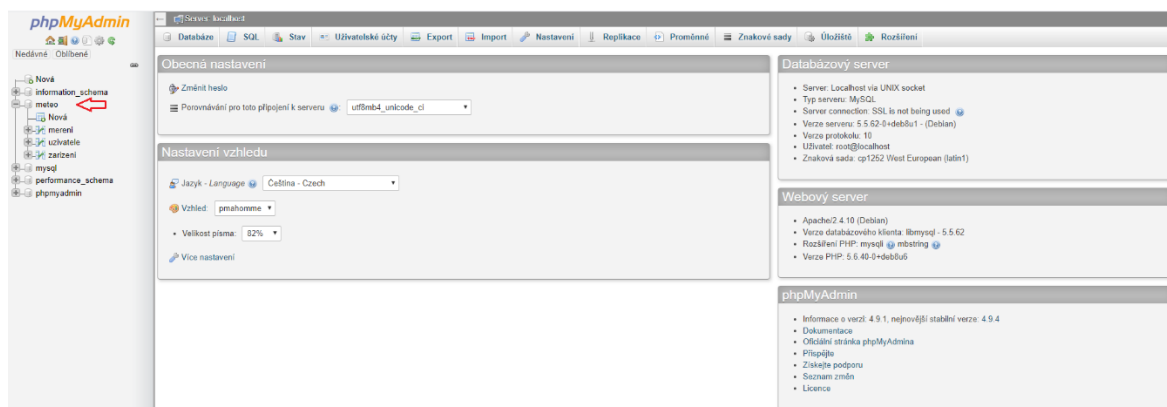
```
$ sudo add-apt-repository ppa:tuxpoldo/phpmyadmin
$ sudo apt-get update
$ sudo apt-get install phpmyadmin
```

Během instalace se otevře průvodce, který vyžaduje výběr webového serveru, vytvoření databáze, nastavení hesla administrativního databázového uživatele.

Po instalaci PHPMYADMIN ověříme úspěšnost tak, že do prohlížeče zadáme adresu <http://158.196.109.178/phpmyadmin/> a zadáme přihlašovací údaje (uživatel: root, heslo takové, jaké jsme nastavili během instalace).

Nyní máme vytvořené prostředí pro správu databáze. Pro vytvoření databáze a tabulek lze použít SQL dotazy uložené v textovém souboru `create_DB_tables.txt` v adresáři `/webovy_server`.

Relační databáze "meteo" obsahuje celkem 3 tabulky ve kterých jsou uloženy naměřené hodnoty, data o měřicích zařízeních a uživateli. Tabulky jsou podrobně popsány dál.



Struktura tabulky "meteo", která slouží k ukládání naměřených hodnot:

#	Název	Typ	Porovnávání	Vlastnosti	Nulový	Výchozí	Komentáře	Další	Operace
1	id	int(11)			Ne	Žádná		AUTO_INCREMENT	Změnit Odstranit Více
2	id_zarizeni	text	ascii_general_ci		Ne	Žádná			Změnit Odstranit Více
3	datum	date			Ne	Žádná			Změnit Odstranit Více
4	cas	time			Ne	Žádná			Změnit Odstranit Více
5	teplota	float			Ne	Žádná			Změnit Odstranit Více
6	vlhkost	float			Ne	Žádná			Změnit Odstranit Více
7	tlak	int(11)			Ne	Žádná			Změnit Odstranit Více
8	napeti	float			Ne	Žádná			Změnit Odstranit Více

Struktura tabulky "uzivatele", ve které jsou veškerá data o registrovaných uživateli:

#	Název	Typ	Porovnávání	Vlastnosti	Nulový	Výchozí	Komentáře	Další	Operace
1	id	int(11)			Ne	Žádná		AUTO_INCREMENT	Změnit Odstranit Více
2	jmeno	text	utf8_czech_ci		Ne	Žádná			Změnit Odstranit Více
3	prijmeni	text	utf8_czech_ci		Ne	Žádná			Změnit Odstranit Více
4	login	text	utf8_czech_ci		Ne	Žádná			Změnit Odstranit Více
5	heslo	text	utf8_czech_ci		Ne	Žádná			Změnit Odstranit Více
6	datum_registrace	datetime			Ne	Žádná			Změnit Odstranit Více

Struktura tabulky "zarizeni", ve které jsou veškerá data o registrovaných měřicích zařízeních:

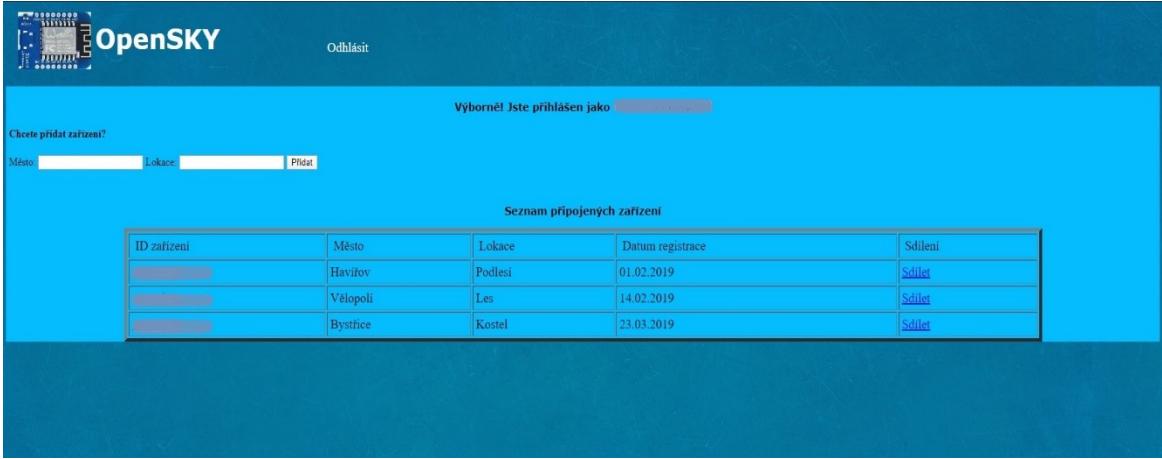


The screenshot shows a database management interface with a menu bar at the top containing options like 'Projit', 'Struktura', 'SQL', 'Vyhledávání', 'Vložit', 'Export', 'Import', 'Oprávnění', 'Úpravy', 'Sledování', and 'Spouště'. Below the menu, there are two tabs: 'Struktura tabulky' (selected) and 'Zobrazení relací'. The main area displays a table structure for the 'zarizeni' table with the following columns: #, Název, Typ, Porovnávání, Vlastnosti, Nulový, Výchozí, Komentáře, Další, and Operace. The table contains six rows of data.

#	Název	Typ	Porovnávání	Vlastnosti	Nulový	Výchozí	Komentáře	Další	Operace
1	id	int(11)			Ne	Žádná		AUTO_INCREMENT	Změnit Odstranit Více
2	uzivatel_id	int(11)			Ne	Žádná			Změnit Odstranit Více
3	id_zarizeni	varchar(11)	latin2_czech_cs		Ne	Žádná			Změnit Odstranit Více
4	mesto	text	latin2_czech_cs		Ne				Změnit Odstranit Více
5	lokace	text	latin2_czech_cs		Ne				Změnit Odstranit Více
6	datum_registrace	datetime			Ne	Žádná			Změnit Odstranit Více

Příloha C: *Návod na registraci měřicího zařízení*

Po úspěšné registraci uživatele se zobrazí uživatelská zed' s prázdnou tabulkou. Na obrázku je znázorněna uživatelská zed' s již přidanými zařízeními.



The screenshot shows the OpenSKY web application interface. At the top, there is a header with the OpenSKY logo and a link to 'Odhlásit'. Below the header, a message states 'Výborně! Jste přihlášen jako [username]'. The main content area is divided into two sections. The first section, titled 'Chcete přidat zařízení?', contains input fields for 'Město' and 'Lokace', and a 'Přidat' button. The second section, titled 'Seznam připojených zařízení', displays a table with the following data:

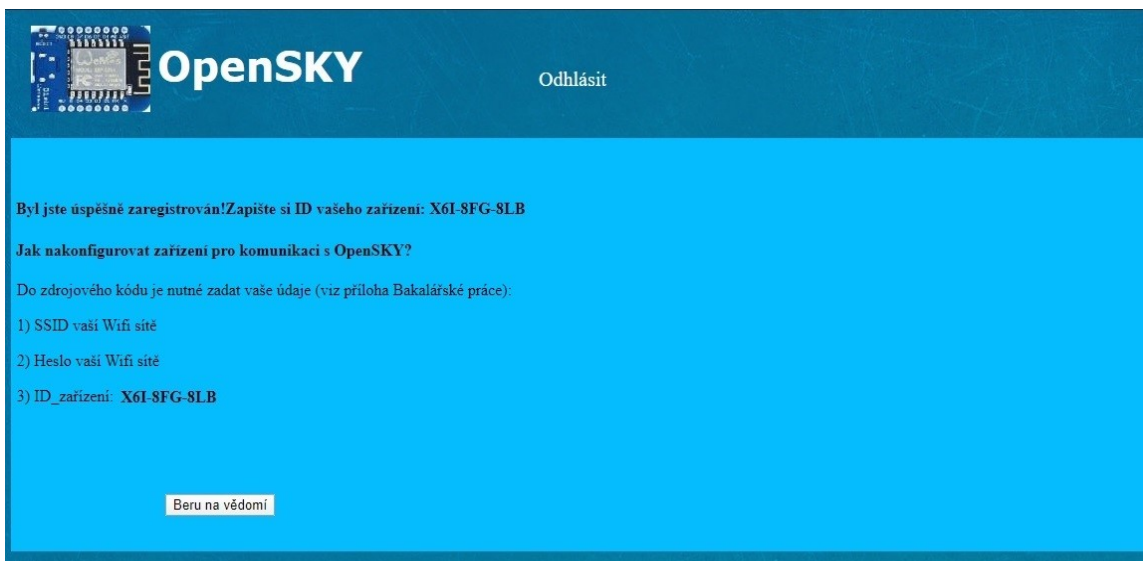
ID zařízení	Město	Lokace	Datum registrace	Sdílení
1234567890	Havířov	Podlesí	01.02.2019	Sdílet
1234567890	Vělopoli	Les	14.02.2019	Sdílet
1234567890	Bystrice	Kostel	23.03.2019	Sdílet

Nad tabulkou na levé straně se nachází formulář, kam uživatel zadá pouze město a lokaci, kde se měřicí zařízení nachází. Po zmáčknutí tlačítka "Přidat" bude uživateli vygenerováno unikátní ID zařízení.



The screenshot shows the OpenSKY web application interface. At the top, there is a header with the OpenSKY logo and a link to 'Odhlásit'. Below the header, a message states 'Výborně! Jste přihlášen jako [username]'. The main content area is divided into two sections. The first section, titled 'Chcete přidat zařízení?', contains input fields for 'Město' (Ostrava) and 'Lokace' (FEI), and a 'Přidat' button. The second section, titled 'Seznam připojených zařízení', displays a table with the following data:

ID zařízení	Město	Lokace	Datum registrace	Sdílení
1234567890	Havířov	Podlesí	01.02.2019	Sdílet
1234567890	Vělopoli	Les	14.02.2019	Sdílet
1234567890	Bystrice	Kostel	23.03.2019	Sdílet



Uživatel nyní musí upravit zdrojový kód na začátku souboru `meteostanice.ino` nebo `meteostanice_solar.ino`:

```
const char* id_zarizeni = "X6I-8FG-8LB";  
const char* ssid = ""; // název WiFi sítě uživatele  
const char* wifi_heslo = ""; // heslo k WiFi síti uživatele
```

Po stisknutí tlačítka "Beru na vědomí" se uživateli zobrazí uživatelská zed' s nově přidaným zařízením.

